



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 2 5 日
Date of Application:

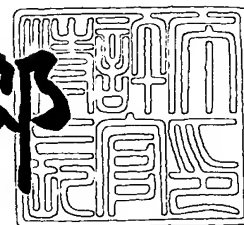
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 7 9 7 4 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 7 9 7 4 2]

出 願 人 株 式 会 社 東 芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 8 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太 田 信 一 郎



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 5 3 9 9 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000202547

【提出日】 平成14年 9月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 マスク、マスクの製造方法及び半導体装置の製造方法

【請求項の数】 24

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 出羽 恭子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 金井 秀樹

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 井上 壮一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 金光 真吾

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 伊藤 信一

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マスク、マスクの製造方法及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第 1 の周辺部と、該第 1 の周辺部に囲まれた第 1 の開口部とを含む第 1 の領域と、

前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第 2 の周辺部と、該第 2 の周辺部に囲まれた第 2 の開口部とを含む第 2 の領域と、

を備え、

前記第 2 の開口部の少なくとも一部に透光性膜が形成され、前記第 2 の開口部の前記透光性膜が形成された部分に対応する領域を透過する露光光と前記第 2 の周辺部を透過する露光光との間に所定の位相差が生じるよう構成された

ことを特徴とするマスク。

【請求項 2】

透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第 1 の周辺部と、該第 1 の周辺部に囲まれた第 1 の開口部とを含む第 1 の領域と、

前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第 2 の周辺部と、該第 2 の周辺部に囲まれた第 2 の開口部とを含む第 2 の領域と、

を備え、

前記第 2 の周辺部のハーフトーン膜の少なくとも一部は前記第 1 の周辺部のハーフトーン膜よりも薄く、前記第 2 の周辺部の前記ハーフトーン膜が薄い部分に対応する領域を透過する露光光と前記第 2 の開口部を透過する露光光との間に所定の位相差が生じるよう構成された

ことを特徴とするマスク。

【請求項 3】

前記透光性膜は、SOG 膜である

ことを特徴とする請求項 1 に記載のマスク。

【請求項 4】

前記所定の位相差は、60度以上150度以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載のマスク。

【請求項 5】

前記第1の周辺部及び第2の周辺部のハーフトーン膜は、該ハーフトーン膜を透過する露光光と前記第1の開口部を透過する露光光との間に180度の位相差を与えるものである

ことを特徴とする請求項1又は2に記載のマスク。

【請求項 6】

前記第1の開口部と第2の開口部の平面形状は同じであることを特徴とする請求項1又は2に記載のマスク。

【請求項 7】

前記平面形状は、菱形状又は楔形状であることを特徴とする請求項6に記載のマスク。

【請求項 8】

前記第1の領域及び第2の領域は、デバイスパターン形成領域の外側に設けられている

ことを特徴とする請求項1又は2に記載のマスク。

【請求項 9】

透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第1の周辺部と、該第1の周辺部に囲まれた第1の開口部とを第1の領域に形成し、前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第2の周辺部と、該第2の周辺部に囲まれた第2の開口部とを第2の領域に形成する工程と、

前記第2の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的に透光性膜を形成し、前記第2の開口部の前記透光性膜が形成された部分に対応する領域を透過する露光光と前記第2の周辺部を透過する露光光との間に所定の位相差を生じさせる工程と、

を備えたことを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 10】

透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第1の周辺部と、該第1の周辺部に囲まれた第1の開口部とを第1の領域に形成し、前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第2の周辺部と、該第2の周辺部に囲まれた第2の開口部とを第2の領域に形成する工程と、

前記第2の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的にエッチング源を供給して前記透光性基板をエッチングし、前記第2の開口部の前記エッチングされた部分に対応する領域を透過する露光光と前記第2の周辺部を透過する露光光との間に所定の位相差を生じさせる工程と、

を備えたことを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項11】

透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第1の周辺部と、該第1の周辺部に囲まれた第1の開口部とを第1の領域に形成し、前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第2の周辺部と、該第2の周辺部に囲まれた第2の開口部とを第2の領域に形成する工程と、

前記第2の周辺部の少なくとも一部を含む領域に選択的にエッチング源を供給して第2の周辺部のハーフトーン膜をエッチングし、前記第2の周辺部の前記エッチングされた部分に対応する領域を透過する露光光と前記第2の開口部を透過する露光光との間に所定の位相差を生じさせる工程と、

を備えたことを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項12】

前記第2の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的に透光性膜を形成する工程は、前記第2の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的に前記透光性膜の原料液を滴下する工程を含む

ことを特徴とする請求項9に記載のマスクの製造方法。

【請求項13】

前記第2の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的にエッチング源を供給する工程は、前記第2の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的にエッチング液を滴下する工程を含む

ことを特徴とする請求項10に記載のマスクの製造方法。

【請求項 1 4】

前記第 2 の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的にエッチング源を供給する工程は、前記第 2 の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的に荷電粒子又は電磁波を照射する工程を含む

ことを特徴とする請求項 1 0 に記載のマスクの製造方法。

【請求項 1 5】

前記第 2 の周辺部の少なくとも一部を含む領域に選択的にエッチング源を供給する工程は、前記第 2 の周辺部の少なくとも一部を含む領域に選択的に荷電粒子又は電磁波を照射する工程を含む

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のマスクの製造方法。

【請求項 1 6】

前記所定の位相差は、6 0 度以上 1 5 0 度以下である

ことを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれかに記載のマスクの製造方法。

【請求項 1 7】

前記第 1 の周辺部及び第 2 の周辺部のハーフトーン膜は、該ハーフトーン膜を透過する露光光と前記第 1 の開口部を透過する露光光との間に 1 8 0 度の位相差を与えるものである

ことを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれかに記載のマスクの製造方法。

【請求項 1 8】

前記第 1 の開口部と第 2 の開口部の平面形状は同じである

ことを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれかに記載のマスクの製造方法。

【請求項 1 9】

前記平面形状は、菱形状又は楔形状である

ことを特徴とする請求項 1 8 に記載のマスクの製造方法。

【請求項 2 0】

前記第 1 の領域及び第 2 の領域を、デバイスパターン形成領域の外側に形成する

ことを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれかに記載のマスクの製造方法。

【請求項 2 1】

請求項 1 又は 2 に記載のマスクを用いて半導体基板上にパターンを転写する工程を備えた

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2 2】

請求項 1 又は 2 に記載のマスクを用いて露光装置により基板上にパターンを転写する工程と、

前記転写されたパターンに含まれる前記第 1 の開口部に対応した第 1 のマークパターン及び前記第 2 の開口部に対応した第 2 のマークパターンの寸法を求める工程と、

前記求められた寸法に基づいてデフォーカス量を求める工程と、

前記求められたデフォーカス量に基づいて前記露光装置のフォーカスを調整する工程と、

前記フォーカスが修正された露光装置により前記マスクを用いて半導体基板上にパターンを転写する工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2 3】

請求項 9 乃至 1 1 のいずれかに記載の製造方法によって形成されたマスクを用いて半導体基板上にパターンを転写する工程を備えた

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2 4】

請求項 9 乃至 1 1 のいずれかに記載の製造方法によって形成されたマスクを用いて露光装置により基板上にパターンを転写する工程と、

前記転写されたパターンに含まれる前記第 1 の開口部に対応した第 1 のマークパターン及び前記第 2 の開口部に対応した第 2 のマークパターンの寸法を求める工程と、

前記求められた寸法に基づいてデフォーカス量を求める工程と、

前記求められたデフォーカス量に基づいて前記露光装置のフォーカスを調整する工程と、

前記フォーカスが修正された露光装置により前記マスクを用いて半導体基板上

にパターンを転写する工程と、

を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マスク、マスクの製造方法及びそれらを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

本願発明者らは、露光装置のフォーカスずれ量（デフォーカス量）を符号を含めて計測するためのフォーカスモニターマスクをすでに提案している（特願平 1 1 - 2 7 4 7 0 1、特願平 1 1 - 3 7 5 4 7 2）。図 2 0 は、その一例を説明するための図であり、マークパターン形成領域の平面的な構成を模式的に示した図である。

【0 0 0 3】

マークパターン形成領域には、リファレンスマーク領域 1 0 及び位相シフトマーク領域 2 0 が含まれている。リファレンスマーク領域 1 0 は、遮光部又はハーフトーン部からなる周辺部 1 1 と、周辺部 1 1 に囲まれた 5 つの開口部 1 2 を有している。位相シフトマーク領域 2 0 は、ハーフトーン部からなる周辺部 2 1 と、周辺部 2 1 に囲まれた 5 つの開口部 2 2 を有している。開口部 1 2 及び 2 2 はフォーカスモニターマークとして用いるものであり、開口部 1 2 と開口部 2 2 とは菱形状の同一の平面形状となっている。また、開口部 2 2 を透過する露光光の位相と周辺部 2 1 を透過する露光光の位相の位相差が 9 0 度となるように構成されている。

【0 0 0 4】

上述したような構成を有するマスクを用いることで、フォーカスモニターを行うことができる。このフォーカスモニターは、リファレンスマーク領域 1 0 の開口部 1 2 のパターン（リファレンスマーク）のベストフォーカス点と、位相シフトマーク領域 2 0 の開口部 2 2 のパターン（位相シフトマーク）のベストフォー

カス点との間にずれが生じる現象を利用している。リファレンスマークと位相シフトマークの露光・現像後における長辺どうしの寸法差をモニターすると、デフォーカスに対して単調減少または単調増加する。そこで、デフォーカスに対する上記寸法差の関係を較正曲線として予め求めておき、露光・現像後のウエハ上の寸法差を測定することで、フォーカスずれ量を方向も含めてモニターすることが可能である。

【0005】

図23は、ウエハ上におけるリファレンスマークの長辺の寸法を L 、位相シフトマークの長辺の寸法を L' としたときの、寸法差 $(L-L')$ とデフォーカスとの関係(較正曲線)を示したものである。線aはリファレンスマークの寸法 L 、線bは位相シフトマークの寸法 L' 、線cは寸法差 $(L-L')$ を示したものである。この寸法差cの特性は、デフォーカスに対して単調増加している。したがって、この較正曲線からフォーカスの位置ずれ量を符号を含めて求めることができる。なお、露光量を±10%程度変化させても、較正曲線はほとんど変化しない。したがって、露光量が多少変化した場合でも、フォーカス位置ずれ量を高精度に検出することが可能である。

【0006】

次に、図20に示したようなパターンを有する従来のマスクの製造方法を、図21(a)～図22(h)を参照して説明する。図21(a)～図22(h)は、図20のA-A'における断面を模式的に示したものである。

【0007】

まず、図21(a)に示すように、透光性基板101として、クォーツ基板を用意する。この透光性基板101上に、ハーフトーン位相シフト膜102として、 MoSiO_x 膜を形成する。続いて、ハーフトーン位相シフト膜102上に、遮光膜103として、Cr膜を形成する。さらに、遮光膜103上に化学増幅型ポジ型レジスト104を塗布する。なお、ハーフトーン位相シフト膜102は、ハーフトーン位相シフト膜102を透過する露光光と開口部12を透過する露光光との間に180度の位相差を与えるものである。

【0008】

次に、図 21 (b) に示すように、リファレンスマーク領域及び位相シフトマーク領域において、レジスト膜 104 にフォーカスモニターマークを描画する。この時、デバイスパターン形成領域（図示せず）のデバイスパターンも同時に描画する。続いて、基板をベーキングした後に現像を行い、レジストパターン 104 を形成する。

【0009】

次に、図 21 (c) に示すように、レジストパターン 104 をマスクとして、遮光膜 103 及びハーフトーン位相シフト膜 102 を順次エッチングする。このエッチングにより、開口部 12 及び 22 の平面形状に対応するフォーカスモニターマークパターンが形成されるとともに、デバイスパターンが形成される。その後、レジスト膜 104 を剥離し、さらに洗浄を行う。

【0010】

次に、図 21 (d) に示すように、i 線フォトリソレジスト 151 を塗布する。続いて、位相シフトマークの開口部以外をレジストでマスクングするために、レーザー描画装置にて描画を行う。さらに、現像液にて現像を行うことでレジストパターン 151 が得られる。

【0011】

次に、図 22 (e) に示すように、レジストパターン 151 と遮光膜 103 をマスクとして、透光性基板 101 をエッチングする。これにより、位相シフトマークの開口部においてのみ透光性基板 101 がエッチングされ、穴 152 が得られる。

【0012】

次に、図 22 (f) に示すように、レジスト 151 を剥離し、さらに洗浄を行う。

【0013】

次に、図 22 (g) に示すように、i 線フォトリソレジスト 153 を塗布する。続いて、リファレンスマーク領域 10 の開口部、Cr 遮光帯枠部、その他 Cr パターン部をマスクングするために、レーザー描画装置にてレジスト膜 153 に描画を行う。さらに、現像液にて現像を行うことで、レジストパターン 153 を形成

する。

【0014】

次に、図22(h)に示すように、レジストパターン153をマスクにして、Cr遮光膜103をウエットエッチングする。続いて、レジスト膜105を剥離し、さらに洗浄を行う。

【0015】

以上のようにして、図20及び図22(h)に示すような構成を有するマスクが得られる。透光性基板101をエッチングして穴152を形成することにより、リファレンスマーク領域10の開口部を通過する露光光の位相を基準として、位相シフトマーク領域20の開口部を通過する露光光は-90度の位相となる。

【0016】

しかしながら、上述した従来の製造方法では、90度の位相差を生じさせるための穴152を形成するために、図21(d)～図22(f)で示したような余分なリソグラフィ及びエッチング工程が必要となる。したがって、製造工程が非常に長くなり、製造コストや製造TATに対して悪影響を及ぼしていた。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

このように、従来のフォーカスモニター用のマスクでは、90度の位相差を得るために、余分なリソグラフィ工程を行わなければならない、そのため製造工程が長くなり製造コスト等の増大の要因となっていた。

【0018】

本発明は上記従来の課題に対してなされたものであり、製造工程の増大等を抑制することが可能なマスク及びマスクの製造方法並びにそれらを用いた半導体装置の製造方法を提供することを目的としている。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るマスクは、透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第1の周辺部と、該第1の周辺部に囲まれた第1の開口部とを含む第1の領域と、前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられ

た第2の周辺部と、該第2の周辺部に囲まれた第2の開口部とを含む第2の領域と、を備え、前記第2の開口部の少なくとも一部に透光性膜が形成され、前記第2の開口部の前記透光性膜が形成された部分に対応する領域を透過する露光光と前記第2の周辺部を透過する露光光との間に所定の位相差が生じるよう構成されたことを特徴とする。

【0020】

また、本発明に係るマスクは、透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第1の周辺部と、該第1の周辺部に囲まれた第1の開口部とを含む第1の領域と、前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第2の周辺部と、該第2の周辺部に囲まれた第2の開口部とを含む第2の領域と、を備え、前記第2の周辺部のハーフトーン膜の少なくとも一部は前記第1の周辺部のハーフトーン膜よりも薄く、前記第2の周辺部の前記ハーフトーン膜が薄い部分に対応する領域を透過する露光光と前記第2の開口部を透過する露光光との間に所定の位相差が生じるよう構成されたことを特徴とする。

【0021】

本発明に係るマスクの製造方法は、透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第1の周辺部と、該第1の周辺部に囲まれた第1の開口部とを第1の領域に形成し、前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第2の周辺部と、該第2の周辺部に囲まれた第2の開口部とを第2の領域に形成する工程と、前記第2の開口部の少なくとも一部を含む領域に選択的に透光性膜を形成し、前記第2の開口部の前記透光性膜が形成された部分に対応する領域を透過する露光光と前記第2の周辺部を透過する露光光との間に所定の位相差を生じさせる工程と、を備えたことを特徴とする。

【0022】

また、本発明に係るマスクの製造方法は、透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第1の周辺部と、該第1の周辺部に囲まれた第1の開口部とを第1の領域に形成し、前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第2の周辺部と、該第2の周辺部に囲まれた第2の開口部とを第2の領域に形成する工程と、前記第2の開口部の少なくとも一部を含む領

域に選択的にエッチング源を供給して前記透光性基板をエッチングし、前記第2の開口部の前記エッチングされた部分に対応する領域を透過する露光光と前記第2の周辺部を透過する露光光との間に所定の位相差を生じさせる工程と、を備えたことを特徴とする。

【0023】

また、本発明に係るマスクの製造方法は、透光性基板上にハーフトーン膜又はハーフトーン膜と遮光膜との積層膜が設けられた第1の周辺部と、該第1の周辺部に囲まれた第1の開口部とを第1の領域に形成し、前記透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第2の周辺部と、該第2の周辺部に囲まれた第2の開口部とを第2の領域に形成する工程と、前記第2の周辺部の少なくとも一部を含む領域に選択的にエッチング源を供給して第2の周辺部のハーフトーン膜をエッチングし、前記第2の周辺部の前記エッチングされた部分に対応する領域を透過する露光光と前記第2の開口部を透過する露光光との間に所定の位相差を生じさせる工程と、を備えたことを特徴とする。

【0024】

本発明に係る半導体装置の製造方法は、上記マスク或いは上記製造方法によって形成されたマスクを用いて半導体基板上にパターンを転写する工程を備えたことを特徴とする。

【0025】

また、本発明に係る半導体装置の製造方法は、上記マスク或いは上記製造方法によって形成されたマスクを用いて露光装置により基板上にパターンを転写する工程と、前記転写されたパターンに含まれる前記第1の開口部に対応した第1のマークパターン及び前記第2の開口部に対応した第2のマークパターンの寸法を求める工程と、前記求められた寸法に基づいてデフォーカス量を求める工程と、前記求められたデフォーカス量に基づいて前記露光装置のフォーカスを調整する工程と、前記フォーカスが修正された露光装置により前記マスクを用いて半導体基板上にパターンを転写する工程と、を備えたことを特徴とする。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0027】

(実施形態1)

まず、本発明の第1の実施形態について説明する。

【0028】

図1は、本実施形態に係るマークパターン形成領域の平面的な構成を模式的に示した図である。

【0029】

マークパターン形成領域には、リファレンスマーク領域10及び位相シフトマーク領域20が含まれている。リファレンスマーク領域10は、遮光部又はハーフトーン部からなる周辺部11と、周辺部11に囲まれた5つの開口部12を有している。位相シフトマーク領域20は、ハーフトーン部からなる周辺部21と、周辺部21に囲まれた5つの開口部22を有している。開口部12及び22はフォーカスモニターマークとして用いるものであり、開口部12と開口部22とは菱形状の同一の平面形状となっている。また、開口部22を透過する露光光の位相と周辺部21を透過する露光光の位相の位相差が90度となるように構成されている。本例では、開口部の寸法は、ウェーハ上の寸法に換算して、X軸方向の長さが $12\mu\text{m}$ 、Y軸方向の幅が $0.18\mu\text{m}$ であり、開口部間のY軸方向のピッチは $0.36\mu\text{m}$ である。

【0030】

なお、上記リファレンスマーク領域10及び位相シフトマーク領域20を含むマークパターン形成領域は、図4に示すように、デバイスパターン形成領域30間のダイシング領域40に位置することが好ましい。マークパターン形成領域をダイシング領域40内に設けることで、実デバイスを形成するためのデバイスパターン形成領域30の面積を増大させずにすむ。

【0031】

次に、図1に示したようなパターンを有するマスクの製造方法を、図2(a)～図2(f)を参照して説明する。図2(a)～図2(f)は、図1のA-A'における断面を模式的に示したものである。本実施形態の製造方法は、位相シフ

トマーク領域 20 の開口部 22 に、ピペット及び専用の滴下装置を用いて SOG 膜を滴下し、開口部 22 に透光性膜を形成するものである。

【0032】

まず、図 2 (a) に示すように、透光性基板 (透明基板) 101 として、6 インチ角のクォーツ基板を用意する。この透光性基板 101 上に、ハーフトーン位相シフト膜 102 として、厚さ 100 nm の MoSiO_x 膜を形成する。続いて、ハーフトーン位相シフト膜 102 上に、遮光膜 103 として、厚さ 60 nm の Cr 膜を形成する。さらに、遮光膜 103 上に化学増幅型ポジ型レジスト 104 を厚さ 600 nm 塗布する。なお、ハーフトーン位相シフト膜 102 は、ハーフトーン位相シフト膜 102 に入射する露光光の位相を逆転させてハーフトーン位相シフト膜 102 から出射する、すなわちハーフトーン位相シフト膜 102 に入射する露光光とハーフトーン位相シフト膜 102 から出射する露光光との間に 180 度の位相差を与えるものである。また、ハーフトーン位相シフト膜 102 の透過率は、例えば 6 % である。

【0033】

次に、図 2 (b) に示すように、リファレンスマーク領域 10 及び位相シフトマーク領域 20 において、レジスト膜 104 にフォーカスモニターマークを描画する。この時、デバイスパターン形成領域 (図示せず) のデバイスパターンも同時に描画する。ここでは加速電圧 50 KeV の電子ビーム描画装置を使用するが、レーザー描画装置やフォトリピータなどを用いてもよい。続いて、基板を 120 °C で 90 秒間ベーキングした後、0.21 規定のアルカリ現像液にて 60 秒間のスプレー現像を行い、レジストパターン 104 を形成する。

【0034】

次に、図 2 (c) に示すように、レジストパターン 104 をマスクとして、遮光膜 103 及びハーフトーン位相シフト膜 102 を順次エッチングする。このエッチングにより、開口部 12 及び 22 の平面形状に対応するフォーカスモニターマークパターンが形成されるとともに、デバイスパターンが形成される。その後、レジスト膜 104 を O_2 アッシングと硫酸及び過酸化水素水の混合液にて剥離し、さらに洗浄を行う。

【0035】

次に、図2（d）に示すように、i線フォトリソスト105を塗布する。続いて、リファレンスマーク領域10の開口部、Cr遮光帯枠部、その他Crパターン部をマスクングするために、レーザー描画装置にてレジスト膜105に描画を行う。さらに、0.21規定のアルカリ現像液にてスプレイ現像を60秒間行い、レジストパターン105を形成する。

【0036】

次に、図2（e）に示すように、レジストパターン105をマスクにして、Cr遮光膜103をウエットエッチングする。続いて、レジスト膜105をO₂アッシングと硫酸及び過酸化水素水の混合液にて剥離し、さらに洗浄を行う。

【0037】

その後、図2（f）に示すように、位相シフトマーク領域20の開口部を含む領域に選択的に、透光性膜106としてSOG膜を形成する。SOG膜の形成には、図3に示すような滴下装置を用いる。この滴下装置は、マスク板52を載置する補助板51と、マスク板52に薬液を供給する薬液供給ノズル53を備えている。薬液供給ノズル53とマスク板51とは相対的に移動可能であり、薬液供給ノズル53とマスク板51との位置関係を調整することで、目的位置に薬液を選択的に供給することが可能である。この滴下装置を用いて、位相シフトマーク領域20の開口部22を含む領域に対して選択的に、薬液供給ノズルからSOG原料液を滴下する。その後、450℃で30分間、基板を加熱し、さらに洗浄を行う。

【0038】

以上のようにして、図1及び図2（f）に示すような構成を有するマスクが得られる。その結果、基準面S（透光性基板101の加工が施されていない表面）に対し、すなわちリファレンスマーク領域10の開口部12を通過する露光光の位相を基準として、透光性膜106が形成された部分に+90度の位相差を持たせることができる。

【0039】

したがって、上記マスクを用いてウエハ（半導体基板）上にパターンを転写す

ることにより、リファレンスマーク領域 10 の開口部 12 に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法と、位相シフトマーク領域 20 の開口部 22 に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法との間に差異が生じる。その結果、両パターンの寸法差とデフォーカス量との関係は、従来技術の項で示した図 23 と同様の関係になる。そこで、従来技術の項で述べたように、パターン寸法差（フォーカスモニターパターンの長軸方向の寸法差）とデフォーカス量との関係を示す校正曲線を予め求めておき、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求めることで、フォーカスのずれ量を方向も含めて取得することができる。

【0040】

以上のように、本実施形態によれば、90度の位相差を得るために、位相シフトマーク領域 20 の開口部 22 に選択的に透光成膜 106 を形成している。この透光成膜 106 は、開口部 22 に選択的に透光成膜 106 の原料液を滴下することで形成されるため、面倒なフォトリソグラフィ工程を行う必要がない。したがって、高精度のマスクを簡単な工程で形成することができ、製造コストや製造 TAT の増大を抑えることが可能となる。

【0041】

なお、上述した図 2 (a) ~ 図 2 (f) の製造工程では、リファレンスマーク領域 10 の周辺部 11 を、透光性基板 101 上にハーフトーン位相シフト膜 102 及び遮光膜 103 の積層膜が形成された遮光部として構成したが、遮光膜 103 を設けずに、透光性基板 101 上にハーフトーン位相シフト膜 102 が形成されたハーフトーン部として構成してもよい。

【0042】

この場合には、図 2 (d) の工程でレジスト膜 105 に描画を行う際に、リファレンスマーク領域 10 のレジスト 105 にもレーザーを照射し、現像工程にてリファレンスマーク領域 10 のレジスト 105 を除去すればよい。その結果、リファレンスマーク領域 10 もレジストでマスクングされないこととなり、図 2 (e) の工程においてリファレンスマーク領域 10 の Cr 遮光膜 103 もエッチングされ、ハーフトーン膜 102 が露出した構造が得られる。そして、図 2 (f) の

工程において、位相シフトマーク領域 20 内のみに SOG を滴下すればよい。これにより、図 5 に示すような構造が得られる。

【0043】

この場合にも、リファレンスマーク領域 10 に遮光膜を形成した場合と同様の較正曲線を得ることが可能であり、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求めることで、フォーカスずれ量を方向も含めて取得することができる。

【0044】

また、本実施形態では、透光成膜 106 の材料として、加熱により容易に硬化し、酸洗浄及び紫外光に対して劣化しない SOG 材料、例えばポリメチルシロキサンを用いたが、所望の特性が得られる材料であれば、もちろんその他の材料を用いることが可能である。

【0045】

(実施形態 2)

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。

【0046】

なお、基本的な平面構成については、第 1 の実施形態の図 1 及び図 4 で示したものと同様であり、それらの詳細な説明は省略する。

【0047】

以下、本実施形態に係るマスクの製造方法を、図 6 (a) ~ 図 6 (d) を参照して説明する。図 6 (a) ~ 図 6 (d) は、図 1 の A-A' における断面を模式的に示したものである。なお、第 1 の実施形態の図 2 (a) ~ 図 2 (f) で示した構成と対応する構成要素については、同一の参照番号を付している。

【0048】

本実施形態の製造方法は、位相シフトマーク領域 20 の開口部 22 に、ピペット及び専用の滴下装置を用いてウェットエッチング液を滴下し、開口部 22 の透光性基板 101 に穴を形成するものである。

【0049】

まず、第 1 の実施形態の図 2 (a) ~ 図 2 (d) で示した工程と同様の工程を行うことにより、図 6 (a) に示すような構造を形成する。

【0050】

次に、図6（b）に示すように、レジストパターン105をマスクにして、Cr遮光膜103をウエットエッチングする。続いて、レジスト膜105をO₂ アッシングと硫酸及び過酸化水素水の混合液にて剥離し、さらに洗浄を行う。

【0051】

次に、図6（c）に示すように、位相シフトマーク領域20の開口部を含む領域に選択的にウエットエッチング液111を滴下し、さらに洗浄を行う。ウエットエッチング液111の滴下装置には、第1の実施形態の図3で示したものと同様の基本構成を有する滴下装置を用いればよい。すなわち、この滴下装置を用いて、位相シフトマーク領域20の開口部22を含む領域に対して選択的に、薬液供給ノズルからウエットエッチング液を滴下する。

【0052】

上記エッチング工程により、図6（d）に示すように、位相シフトマーク領域20の開口部を含む領域に選択的に穴112が形成される。なお、穴112の深さは、ウエットエッチング液を滴下してからリンス液を滴下するまでの時間で調節することが可能である。ウエットエッチング液にはNH₄Fの20%希釈液を、リンス液には水を使用することができる。

【0053】

以上のようにして、図1及び図6（d）に示すような構成を有するマスクが得られる。その結果、基準面Sに対し、すなわちリファレンスマーク領域10の開口部12を通過する露光光の位相を基準として、穴112が形成された部分に-90度の位相差を持たせることができる。

【0054】

したがって、上記マスクを用いてウエハ（半導体基板）上にパターンを転写することにより、リファレンスマーク領域10の開口部12に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法と、位相シフトマーク領域20の開口部22に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法との間に差異が生じる。そこで、すでに述べたように、パターン寸法差とデフォーカス量との関係を示す校正曲線を予め求めておき、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求め

ることで、フォーカスのずれ量を方向も含めて取得することができる。

【0055】

以上のように、本実施形態によれば、90度の位相差を得るために、位相シフトマーク領域20の開口部22に選択的に穴112を形成している。この穴112は、開口部22に選択的にウエットエッチング液を滴下することで形成されるため、面倒なフォトリソグラフィ工程を行う必要がない。したがって、高精度のマスクを簡単な工程で形成することができ、製造コストや製造TATの増大を抑えることが可能となる。

【0056】

なお、上述した図6(a)～図6(d)の製造工程では、リファレンスマーク領域10の周辺部11を、透光性基板101上にハーフトーン位相シフト膜102及び遮光膜103の積層膜が形成された遮光部として構成したが、遮光膜103を設けずに、透光性基板101上にハーフトーン位相シフト膜102が形成されたハーフトーン部として構成してもよい。

【0057】

この場合には、図6(a)の工程でレジスト膜105に描画を行う際に、リファレンスマーク領域10のレジスト105にもレーザーを照射し、現像工程にてリファレンスマーク領域10のレジスト105を除去すればよい。その結果、リファレンスマーク領域10もレジストでマスクングされないこととなり、図6(b)の工程においてリファレンスマーク領域10のCr遮光膜103もエッチングされ、ハーフトーン膜102が露出した構造が得られる。そして、図6(c)の工程において、位相シフトマーク領域20内のみにウエットエッチング液を滴下すればよい。これにより、図7に示すような構造が得られる。

【0058】

この場合にも、リファレンスマーク領域10に遮光膜を形成した場合と同様の較正曲線を得ることが可能であり、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求めることで、フォーカスずれ量を方向も含めて取得することができる。

【0059】

また、本実施形態では、穴112の形成の際に、ウエットエッチング液として

NH₄Fを、リンス液に水を使用したか、所望の特性が得られるものであれば、もちろんその他のエッチング液やリンス液を用いることが可能である。

【0 0 6 0】

(実施形態3)

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

【0 0 6 1】

なお、基本的な平面構成については、第1の実施形態の図1及び図4で示したものと同様であり、それらの詳細な説明は省略する。

【0 0 6 2】

以下、本実施形態に係るマスクの製造方法を、図8(a)～図8(d)を参照して説明する。図8(a)～図8(d)は、図1のA-A'における断面を模式的に示したものである。なお、第1の実施形態の図2(a)～図2(f)で示した構成と対応する構成要素については、同一の参照番号を付している。

【0 0 6 3】

本実施形態の製造方法は、位相シフトマーク領域20の開口部22に、イオンビーム等の荷電粒子を照射してエッチングを行い、開口部22の透光性基板101に穴を形成するものである。

【0 0 6 4】

まず、第1の実施形態の図2(a)～図2(d)で示した工程と同様の工程を行うことにより、図8(a)に示すような構造を形成する。

【0 0 6 5】

次に、図8(b)に示すように、レジストパターン105をマスクにして、Cr遮光膜103をウエットエッチングする。続いて、レジスト膜105をO₂アッシングと硫酸及び過酸化水素水の混合液にて剥離し、さらに洗浄を行う。

【0 0 6 6】

次に、図8(c)に示すように、FIB(収束イオンビーム)加工装置を用いて、位相シフトマーク領域20の開口部に対応した領域に選択的にGaイオンビーム121を照射し、透光性基板101をエッチングする。Gaイオンの照射条件は例えば、加速電圧(イオンビームのエネルギー)20kV、電流15pAと

する。波長 248 nm の露光光の位相を 90 度変化させるために、エッチングの深さはクォーツの屈折率を 1.508 として 122 nm に設定する。これを達成するイオンビームの照射量は、 $5.7 \times 10^{-2} \text{C/cm}^2$ である。照射領域の設定は、マーク部分を含む 20 μm 角にイオンビームを照射して二次電子像を観察し、クォーツ基板部分とハーフトーン部分を自動的に判別する処理を用いて行った。なお、観察時のイオンビーム照射量は、クォーツ基板エッチング時のイオンビーム照射量に比較して、はるかに小さいものである。

【0067】

上記イオンビーム照射工程により、図 8 (d) に示すように、位相シフトマーク領域 20 の開口部に対応して選択的に穴 122 が形成される。

【0068】

以上のようにして、図 1 及び図 8 (d) に示すような構成を有するマスクが得られる。その結果、基準面 S に対し、すなわちリファレンスマーク領域 10 の開口部 12 を通過する露光光の位相を基準として、穴 112 が形成された部分に -90 度の位相差を持たせることができる。

【0069】

したがって、上記マスクを用いてウエハ（半導体基板）上にパターンを転写することにより、リファレンスマーク領域 10 の開口部 12 に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法と、位相シフトマーク領域 20 の開口部 22 に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法との間に差異が生じる。そこで、すでに述べたように、パターン寸法差とデフォーカス量との関係を示す較正曲線を予め求めておき、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求めることで、フォーカスのずれ量を方向も含めて取得することができる。

【0070】

以上のように、本実施形態によれば、90 度の位相差を得るために、位相シフトマーク領域 20 の開口部 22 に選択的に穴 122 を形成している。この穴 112 は、開口部 22 に選択的にイオンビーム等の荷電ビームを照射することで形成されるため、面倒なフォトリソグラフィ工程を行う必要がない。したがって、高精度のマスクを簡単な工程で形成することができ、製造コストや製造 TAT の増

大を抑えることが可能となる。

【0071】

なお、上記実施形態において、図8(c)及び図8(d)で示した穴122を形成する工程は、図8(a)の工程前(図2(c)の工程後)に行ってもよく、また図8(a)の工程後(図8(b)の工程前)に行ってもよい。

【0072】

また、上記実施形態において、イオンビームで穴122を形成する場合、位相シフトマーク領域20の5つの開口部22を内包する領域全体にイオンビームを照射するようにしてもよいが、各開口部22の少なくとも一部を含む領域にイオンビームが照射されればよい。図10(a)及び図10(b)は、その一例を示したものであり、開口部22の先端部を含む領域をイオンビーム照射領域25としてもよい。この場合にも、フォーカスモニターとしての効果を得ることが可能である。具体的には、菱形マークの先端から6 μ m程度内側の領域まで穴が形成されていれば十分である。

【0073】

また、上述した図8(a)～図8(d)の製造工程では、リファレンスマーク領域10の周辺部11を、透光性基板101上にハーフトーン位相シフト膜102及び遮光膜103の積層膜が形成された遮光部として構成したが、遮光膜103を設けずに、透光性基板101上にハーフトーン位相シフト膜102が形成されたハーフトーン部として構成してもよい。

【0074】

この場合には、図8(a)の工程でレジスト膜105に描画を行う際に、リファレンスマーク領域10のレジスト105にもレーザーを照射し、現像工程にてリファレンスマーク領域10のレジスト105を除去すればよい。その結果、リファレンスマーク領域10もレジストでマスキングされないこととなり、図8(b)の工程においてリファレンスマーク領域10のCr遮光膜103もエッチングされ、ハーフトーン膜102が露出した構造が得られる。そして、図8(c)の工程において、位相シフトマーク領域20内のみにイオンビームを照射すればよい。これにより、図9に示すような構造が得られる。

【 0 0 7 5 】

この場合にも、リファレンスマーク領域 1 0 に遮光膜を形成した場合と同様の較正曲線を得ることが可能であり、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求めることで、フォーカスずれ量を方向も含めて取得することができる。

【 0 0 7 6 】

(実施形態 4)

次に、本発明の第 4 の実施形態について説明する。

【 0 0 7 7 】

なお、基本的な平面構成については、第 1 の実施形態の図 1 及び図 4 で示したものと同様であり、それらの詳細な説明は省略する。

【 0 0 7 8 】

以下、本実施形態に係るマスクの製造方法を、図 1 1 (a) ～図 1 1 (d) を参照して説明する。図 1 1 (a) ～図 1 1 (d) は、図 1 の A - A' における断面を模式的に示したものである。なお、第 1 の実施形態の図 2 (a) ～図 2 (f) で示した構成と対応する構成要素については、同一の参照番号を付している。

【 0 0 7 9 】

本実施形態の製造方法は、位相シフトマーク領域 2 0 の周辺部 2 1 に、イオンビーム等の荷電粒子を照射してエッチングを行い、周辺部 2 1 のハーフトーン膜 1 0 2 の膜厚を薄くするものである。

【 0 0 8 0 】

まず、第 1 の実施形態の図 2 (a) ～図 2 (d) で示した工程と同様の工程を行うことにより、図 1 1 (a) に示すような構造を形成する。

【 0 0 8 1 】

次に、図 1 1 (b) に示すように、レジストパターン 1 0 5 をマスクにして、Cr 遮光膜 1 0 3 をウエットエッチングする。続いて、レジスト膜 1 0 5 を O₂ アッシングと硫酸及び過酸化水素水の混合液にて剥離し、さらに洗浄を行う。

【 0 0 8 2 】

次に、図 1 1 (c) に示すように、FIB (収束イオンビーム) 加工装置を用いて、位相シフトマーク領域 2 0 の周辺部の一部を含む領域に選択的に Ga イオ

ンビーム 131 を照射し、ハーフトーン膜 102 をエッチングする。Ga イオンの照射条件は例えば、加速電圧（イオンビームのエネルギー）20 kV、電流 15 pA とする。エッチングの深さは、ハーフトーン膜 102 の膜厚 100 nm の半分の 50 nm とする。これを達成するイオンビームの照射量は、 $7.7 \times 10^{-3} \text{C/cm}^2$ である。照射領域の設定は、マーク部分を含む 20 μm 角にイオンビームを照射して二次電子像を観察し、クオーツ基板部分とハーフトーン部分を自動的に判別する処理を用いて行った。なお、観察時のイオンビーム照射量は、ハーフトーン膜エッチング時のイオンビーム照射量に比較して、はるかに小さいものである。

【0083】

上記イオンビーム照射工程により、図 11 (d) に示すように、位相シフトマーク領域 20 の周辺部の一部において、ハーフトーン膜 102 の膜厚が薄い部分 102a が得られる。

【0084】

以上のようにして、図 1 及び図 11 (d) に示すような構成を有するマスクが得られる。その結果、基準面 S に対し、ハーフトーン膜 102 の膜厚が薄い部分 102a に 90 度（+90 度或いは -90 度、以下の説明では +90 度とする）の位相差を持たせることができる。また、ハーフトーン位相シフト膜 102 が 180 度の位相差を与えるものであることから、位相シフトマーク領域 20 の周辺部 21 のハーフトーン膜 102 の膜厚が薄くなっていない部分を通過する露光光の位相を基準とした場合、位相シフトマーク領域 20 のハーフトーン膜の薄い部分 102a を通過する露光光の位相は -90 度となる。また、リファレンスマーク領域 10 の開口部 12 を通過する露光光の位相を基準とした場合には、位相シフトマーク領域 20 のハーフトーン膜の薄い部分 102a を通過する露光光の位相は +90 度となる。

【0085】

したがって、上記マスクを用いてウエハ（半導体基板）上にパターンを転写することにより、リファレンスマーク領域 10 の開口部 12 に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法と、位相シフトマーク領域 20 の開口部 22

に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法との間に差異が生じる。そこで、すでに述べたように、パターン寸法差とデフォーカス量との関係を示す較正曲線を予め求めておき、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求めることで、フォーカスのずれ量を方向も含めて取得することができる。

【0086】

以上のように、本実施形態によれば、90度の位相差を得るために、位相シフトマーク領域20の周辺部21の開口部22に隣接する部分において選択的に、ハーフトーン膜の薄い部分102aを形成している。この薄い部分102aは、当該部分102aに選択的にイオンビーム等の荷電ビームを照射することで形成されるため、面倒なフォトリソグラフィ工程を行う必要がない。したがって、高精度のマスクを簡単な工程で形成することができ、製造コストや製造TATの増大を抑えることが可能となる。

【0087】

なお、上記実施形態において、イオンビームでハーフトーン膜の薄い部分102aを形成する場合、位相シフトマーク領域20の5つの開口部22の外側の領域全体にイオンビームを照射するようにしてもよいが、各開口部22の外側の領域の少なくとも一部にイオンビームが照射されればよい。図13(a)及び図13(b)は、その一例を示したものであり、開口部22の先端部に対応する領域のみにイオンビーム照射領域25としてもよい。この場合にも、フォーカスモニターとしての効果を得ることが可能である。具体的には、菱形マークの先端から6 μ m程度内側の領域までハーフトーン膜が加工されていれば十分である。

【0088】

また、上記実施形態では、位相シフトマーク領域20のハーフトーン膜102にのみ選択的にイオンビームを照射してエッチングを行ったが、クォーツ基板にも同時にイオンビームを照射してもよい。ただし、クォーツ基板も同時にエッチングされるため、ハーフトーン膜を50nm以上エッチングしないと、90度の位相差を得ることができない。ハーフトーン膜とクォーツ基板のエッチング速度及び屈折率の差を考慮して、エッチングの深さを設定すればよい。

【0089】

また、上述した図11(a)～図11(d)の製造工程では、リファレンスマーク領域10の周辺部11を、透光性基板101上にハーフトーン位相シフト膜102及び遮光膜103の積層膜が形成された遮光部として構成したが、遮光膜103を設けずに、透光性基板101上にハーフトーン位相シフト膜102が形成されたハーフトーン部として構成してもよい。

【0090】

この場合には、図11(a)の工程でレジスト膜105に描画を行う際に、リファレンスマーク領域10のレジスト105にもレーザーを照射し、現像工程にてリファレンスマーク領域10のレジスト105を除去すればよい。その結果、リファレンスマーク領域10もレジストでマスキングされないこととなり、図11(b)の工程においてリファレンスマーク領域10のCr遮光膜103もエッチングされ、ハーフトーン膜102が露出した構造が得られる。そして、図11(c)の工程において、位相シフトマーク領域20内のハーフトーン膜102を薄くすべき部分のみにイオンビームを照射すればよい。これにより、図12に示すような構造が得られる。

【0091】

この場合にも、リファレンスマーク領域10に遮光膜を形成した場合と同様の較正曲線を得ることが可能であり、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求めることで、フォーカスずれ量を方向も含めて取得することができる。

【0092】

(実施形態5)

次に、本発明の第5の実施形態について説明する。

【0093】

なお、基本的な平面構成については、第1の実施形態の図1及び図4で示したものと同様であり、それらの詳細な説明は省略する。

【0094】

以下、本実施形態に係るマスクの製造方法を、図14(a)～図14(d)を参照して説明する。図14(a)～図14(d)は、図1のA-A'における断面を模式的に示したものである。なお、第1の実施形態の図2(a)～図2(f

)で示した構成と対応する構成要素については、同一の参照番号を付している。

【0095】

本実施形態では、リファレンスマーク領域10及び位相シフトマーク領域20のうち、一方についてはイオンビームを用いて開口部のエッチングを行い、他方については開口部の周囲のハーフトーン膜に対してイオンビームによりエッチングを行う。

【0096】

まず、第1の実施形態の図2(a)～図2(d)で示した工程と同様の工程を行うことにより、図14(a)に示すような構造を形成する。ただし、本実施形態では、リファレンスマーク領域10にはレジストパターンは形成されない。

【0097】

次に、図14(b)に示すように、デバイスパターン形成領域(図示せず)に形成されたレジストパターン(図示せず)をマスクにして、Cr遮光膜103をウェットエッチングする。続いて、レジストパターンをO₂アッシングと硫酸及び過酸化水素水の混合液にて剥離し、さらに洗浄を行う。

【0098】

次に、図14(c)に示すように、FIB(収束イオンビーム)加工装置を用いて、リファレンスマーク領域10の開口部に対応した領域にGaイオンビーム141を照射し、透光性基板101をエッチングする。Gaイオンの照射条件は例えば、加速電圧(イオンビームのエネルギー)20kV、電流15pAとする。波長248nmの露光光の位相を90度変化させるために、エッチングの深さはクオーツの屈折率を1.508として122nmに設定する。これを達成するイオンビームの照射量は、 $5.7 \times 10^{-2} \text{C/cm}^2$ である。照射領域の設定は、マーク部分を含む20μm角にイオンビームを照射して二次電子像を観察し、クオーツ基板部分とハーフトーン部分を自動的に判別する処理を用いて行った。なお、観察時のイオンビーム照射量は、クオーツ基板エッチング時のイオンビーム照射量に比較して、はるかに小さいものである。本工程により、リファレンスマーク領域10の開口部に対応して選択的に穴142が形成される。

【0099】

次に、図14(d)に示すように、FIB加工装置を用いて、位相シフトマーク領域20の周辺部の一部を含む領域に選択的にGaイオンビーム121を照射し、ハーフトーン膜102をエッチングする。Gaイオンの照射条件は例えば、加速電圧（イオンビームのエネルギー）20kV、電流15pAとする。エッチングの深さは、ハーフトーン膜102の膜厚100nmの半分の50nmとする。これを達成するイオンビームの照射量は、 $7.7 \times 10^{-3} \text{C/cm}^2$ である。照射領域の設定は、マーク部分を含む20 μm 角にイオンビームを照射して二次電子像を観察し、クオーツ基板部分とハーフトーン部分を自動的に判別する処理を用いて行った。なお、観察時のイオンビーム照射量は、ハーフトーン膜エッチング時のイオンビーム照射量に比較して、はるかに小さいものである。本工程により、位相シフトマーク領域20の周辺部の一部において、ハーフトーン膜102の膜厚が薄い部分102aが得られる。

【0100】

以上のようにして、図1及び図14(d)に示すような構成を有するマスクが得られる。その結果、基準面Sに対し、穴142が形成された部分に90度（+90度或いは-90度、以下の説明では-90度とする）の位相差を持たせることができるとともに、ハーフトーン膜102の膜厚が薄い部分102aに90度（+90度或いは-90度、以下の説明では+90度とする）の位相差を持たせることができる。

【0101】

このように、本実施形態では、リファレンスマーク領域10の穴142が形成された部分では-90度の位相シフト、位相シフトマーク領域20の膜厚が薄い部分102aでは+90度の位相シフトといったように、両部分ではシフト方向が逆になっている。そのため、第1～第4の実施形態と比べて、感度を2倍にすることができる。

【0102】

図15は、上述した事項を示したものであり、ウエハ上におけるリファレンスマークの長辺の寸法をL、位相シフトマークの長辺の寸法をL'としたときの、寸法差（L-L'）とデフォーカスとの関係（校正曲線）を示したものである。

線 a はリファレンスマークの寸法 L、線 b は位相シフトマークの寸法 L'、線 c は寸法差 (L - L') を示したものである。図 23 と比較すればわかるように、本実施形態では感度がほぼ 2 倍となっている。

【0103】

したがって、本実施形態においても、上記マスクを用いてウエハ（半導体基板）上にパターンを転写することにより、リファレンスマーク領域 10 の開口部 12 に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法と、位相シフトマーク領域 20 の開口部 22 に対応したウエハ上のフォーカスモニターパターンの寸法との間に差異が生じる。そこで、すでに述べたように、パターン寸法差とデフォーカス量との関係を示す較正曲線を予め求めておき、露光・現像後のウエハ上のパターン寸法差を求めることで、フォーカスのずれ量を方向も含めて取得することができる。

【0104】

以上のように、本実施形態によれば、リファレンスマーク領域 10 の開口部 12 に選択的に穴 142 を形成するとともに、位相シフトマーク領域 20 の周辺部 21 の開口部 22 に隣接する部分において選択的に、ハーフトーン膜の薄い部分 102a を形成している。これらの穴 142 や薄い部分 102a は、イオンビーム等の荷電ビームを照射することで形成されるため、面倒なフォトリソグラフィ工程を行う必要がない。したがって、高精度のマスクを簡単な工程で形成することができ、製造コストや製造 TAT の増大を抑えることが可能となる。

【0105】

なお、上記実施形態において、図 14 (c) で示した穴 142 を形成する工程は、図 14 (a) の工程前（図 2 (c) の工程後）に行ってもよく、また図 14 (a) の工程後（図 14 (b) の工程前）に行ってもよい。

【0106】

また、本実施形態におけるイオンビームの照射領域についても、第 3 及び第 4 の実施形態で説明したのと同様に、種々の態様をとることが可能である。

【0107】

また、上記実施形態では、ハーフトーン膜の薄い部分 102a を形成する際に

、位相シフトマーク領域 20 のハーフトーン膜 102 にのみ選択的にイオンビームを照射してエッチングを行ったが、クォーツ基板にも同時にイオンビームを照射してもよい。ただし、クォーツ基板も同時にエッチングされるため、ハーフトーン膜を 50 nm 以上エッチングしないと、90 度の位相差を得ることができない。ハーフトーン膜とクォーツ基板のエッチング速度及び屈折率の差を考慮して、エッチングの深さを設定すればよい。

【0108】

また、上記第 3 ～第 5 の実施形態において、FIB によってクォーツ基板 101 やハーフトーン膜 102 をエッチングする場合、真空中で Ga イオンを照射するようにしてもよいが、例えば F (弗素)、Cl (塩素)、Br (臭素) 或いは I (ヨウ素) を含むガスを導入した雰囲気中で Ga イオンを照射し、ガスとの反応を利用してエッチングを行ってもよい。

【0109】

また、上記第 3 ～第 5 の実施形態において、イオンビームの代わりにレーザービーム等の電磁波を用いてもよい。例えば YAG の 3 倍高調波 (波長 351 nm) のレーザー光源を有する加工装置を用い、レーザーアブレーションによってエッチングを行ってもよい。特に、第 4 及び第 5 の実施形態でハーフトーン膜をエッチングする場合、クォーツがほとんどレーザー光を吸収しないことから、クォーツ基板はほとんどエッチングされずにすむ。したがって、ハーフトーン膜の他にクォーツ基板に同時にレーザー光を照射しても、ハーフトーン膜のみを選択的にエッチングすることが可能である。

【0110】

また、実際のマスク製造工程においては、マスク欠陥検査工程によって発見されたマスク欠陥を修正する欠陥修正工程があるが、この修正工程には FIB 装置やレーザー加工装置が使用される。そこで、上記第 3 ～第 5 の実施形態において、イオンビーム等による加工工程と欠陥修正工程とを連続して行うことにより、マスク製造工程をさらに効率化することが可能となる。

【0111】

また、上記第 1 ～第 5 の実施形態では、位相シフトマーク領域の周辺部を通過

する露光光の位相と開口部を通過する露光光の位相との位相差の絶対値を 9 0 度としたが、位相差は 9 0 度には限定されない。

【0 1 1 2】

図 1 6 は、位相差を種々変化させた時のデフォーカスと寸法差の関係を示したものである。この図からわかるように、位相差が 6 0 度、9 0 度及び 1 2 0 度において傾きがほぼ一定であることがわかる。また、位相差が 1 5 0 度の場合にも、傾きは緩くなるが単調増加傾向を示している。図 1 7 は、位相差を 9 0 度を設定したときの、位相精度と感度ばらつきとの関係を示したものである。すなわち、位相差を 9 0 度を設定した場合の位相誤差量を横軸に、感度ばらつき量を縦軸に示したものである。この図から、位相精度が 3 0 度より大きくなると、感度ばらつき量が急激に増加することがわかる。

【0 1 1 3】

以上のことから、位相差は、6 0 度以上 1 5 0 度以下、より好ましくは 6 0 度以上 1 2 0 度以下とすることが望ましい。

【0 1 1 4】

また、上記第 1 ～第 5 の実施形態において、ウエハ上に転写されたフォーカスモニターマークの寸法測定は、露光装置から独立した光学式の線幅測定器を用いて行うようにしてもよいが、露光装置自体に内蔵された線幅測定機能を用いてもよく、さらに S E M 等の光学式以外の測定装置を用いるようにしてもよい。

【0 1 1 5】

また、フォーカスモニターマークは、線幅測定装置で測定可能なマークであればよく、例えば図 1 8 に示すように楔型のマークを用いてもよい。要するに、中央部から端部に向かって、或いは一端部から他端部に向かって、パターン幅（短軸方向の長さ）がしだいに短くなるようなパターンであればよい。

【0 1 1 6】

さらに、フォーカスモニターマークのサイズ及びピッチ、ハーフトーン位相シフト膜の透過率等についても、上述した各実施形態に限定されるものではなく、使用する露光条件等によって種々変更することが可能である。

【0 1 1 7】

(実施形態 6)

本実施形態は、上記第 1～第 5 の実施形態で説明したようなマスクを用いた半導体装置の製造方法に関するものである。以下、図 19 に示したフローチャートを参照して説明する。

【0118】

まず、露光装置にマスクをセットする (S1)。続いて、セットされたマスクを用いて露光処理を行い、ウエハ (半導体基板) 上のレジストにパターンを転写し (S2)、さらにレジストの現像処理を行う (S3)。次に、現像処理によって得られたレジストパターンについて、リファレンスマーク領域の開口部に対応したフォーカスモニターマークパターン及び位相シフトマーク領域の開口部に対応したフォーカスモニターマークパターンの寸法を測定し (S4)、それらの寸法差を求める (S5)。続いて、予め求めておいた較正曲線に基づき、得られた寸法差に対応するデフォーカス量を求める (S6)。

【0119】

上述した処理を、例えばあるロットの所定枚数のウエハに対して行い、得られたデフォーカス量の平均値をそのロットのデフォーカス量として決定する。そして、平均デフォーカス量に基づいて、露光装置のフォーカス位置を修正する (S7)。その後、フォーカス位置が修正された露光装置により、上記マスクを用いて、その次のロットのウエハにパターンを転写する (S8)。

【0120】

上述した処理を各ロットについて行うことにより、常に最適なフォーカス位置で各ロットの処理を行うことができ、半導体装置の歩留まりや特性を向上させることが可能となる。

【0121】

なお、デバイスパターンのフォーカス位置とフォーカスモニターマークのフォーカス位置とは、露光装置の収差やデバイスパターンの下地の形状等によって異なる場合がある。このような場合には、フォーカスモニターマークで得られたフォーカスのずれ量に対してデバイス固有のオフセット値を考慮した値を、フォーカスのずれ量としてフィードバックすればよい。

【0122】

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施することが可能である。さらに、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示された構成要件を適宜組み合わせることによって種々の発明が抽出され得る。例えば、開示された構成要件からいくつかの構成要件が削除されても、所定の効果が得られるものであれば発明として抽出され得る。

【0123】**【発明の効果】**

本発明によれば、モニターパターンを有するマスクを高精度かつ簡単な工程で得ることができ、そのようなマスクを用いることで半導体装置の製造コストや製造時間の増大を抑えることが可能となる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の実施形態に係るマスクのマークパターン形成領域の一例について、その平面的な構成を模式的に示した図である。

【図2】

本発明の第1の実施形態に係るマスクの製造工程を示した断面図である。

【図3】

本発明の実施形態に係る滴下装置の概略を示した説明図である。

【図4】

本発明の実施形態に係るマスクの各領域を示した図である。

【図5】

本発明の第1の実施形態に係るマスクの変形例を示した断面図である。

【図6】

本発明の第2の実施形態に係るマスクの製造工程を示した断面図である。

【図7】

本発明の第2の実施形態に係るマスクの変形例を示した断面図である。

【図8】

本発明の第 3 の実施形態に係るマスクの製造工程を示した断面図である。

【図 9】

本発明の第 3 の実施形態に係るマスクの変形例を示した断面図である。

【図 1 0】

本発明の第 3 の実施形態に係るマスクの他の変形例を説明するための図である。

【図 1 1】

本発明の第 4 の実施形態に係るマスクの製造工程を示した断面図である。

【図 1 2】

本発明の第 4 の実施形態に係るマスクの変形例を示した断面図である。

【図 1 3】

本発明の第 4 の実施形態に係るマスクの他の変形例を説明するための図である。

【図 1 4】

本発明の第 5 の実施形態に係るマスクの製造工程を示した断面図である。

【図 1 5】

本発明の第 5 の実施形態に係り、デフォーカス量と寸法差との関係について示した図である。

【図 1 6】

デフォーカス量と寸法差との関係について示した図である。

【図 1 7】

位相精度と感度ばらつきとの関係について示した図である。

【図 1 8】

本発明の実施形態に係るマスクのマークパターン形成領域の他の例について、その平面的な構成を模式的に示した図である。

【図 1 9】

本発明の実施形態に係るマスクを半導体装置の製造に適用した場合の工程を示したフローチャートである。

【図 2 0】

従来技術に係るマスクのマークパターン形成領域の一例について、その平面的な構成を模式的に示した図である。

【図 2 1】

従来技術に係るマスクの製造工程を示した断面図である。

【図 2 2】

従来技術に係るマスクの製造工程を示した断面図である。

【図 2 3】

デフォーカス量と寸法差との関係について示した図である。

【符号の説明】

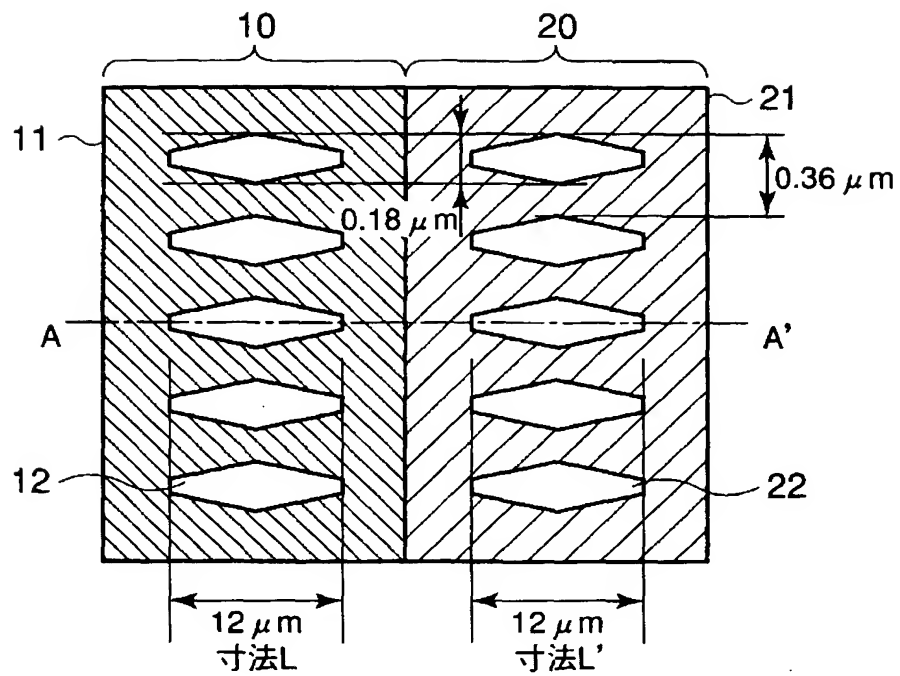
- 1 0…リファレンスマーク領域
- 1 1…周辺部
- 1 2…開口部
- 2 0…位相シフトマーク領域
- 2 1…周辺部
- 2 2…開口部
- 2 5…イオンビーム照射領域
- 3 0…デバイスパターン形成領域
- 4 0…ダイシング領域
- 5 1…補助板
- 5 2…マスク板
- 5 3…薬液供給ノズル
- 1 0 1…透光性基板
- 1 0 2…ハーフトーン膜
- 1 0 2 a…ハーフトーン膜の薄い部分
- 1 0 3…遮光膜
- 1 0 4、1 0 5…レジスト
- 1 0 6…透光性膜
- 1 1 1…ウエットエッチング液
- 1 1 2、1 2 2、1 4 2…穴

1 2 1、1 3 1、1 4 1…イオンビーム

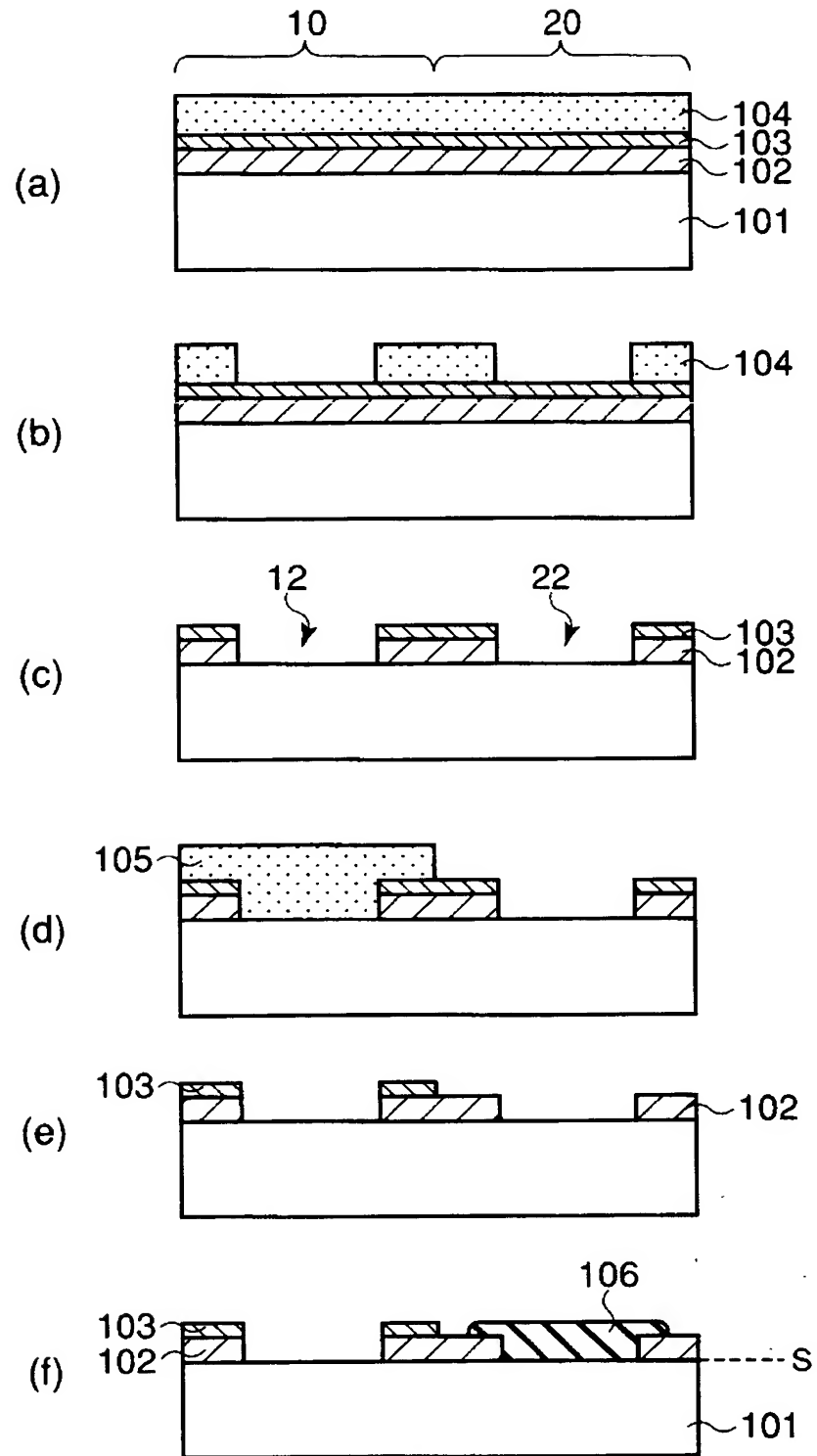
【書類名】

図面

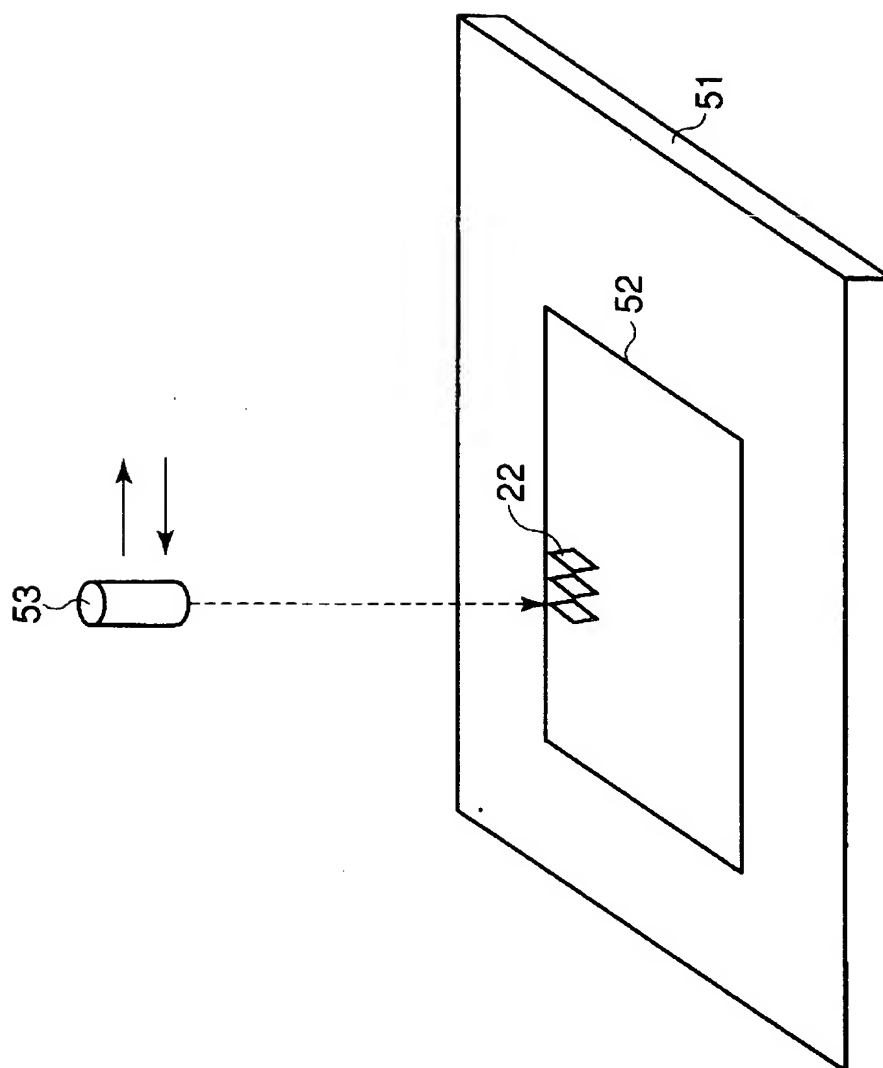
【図1】



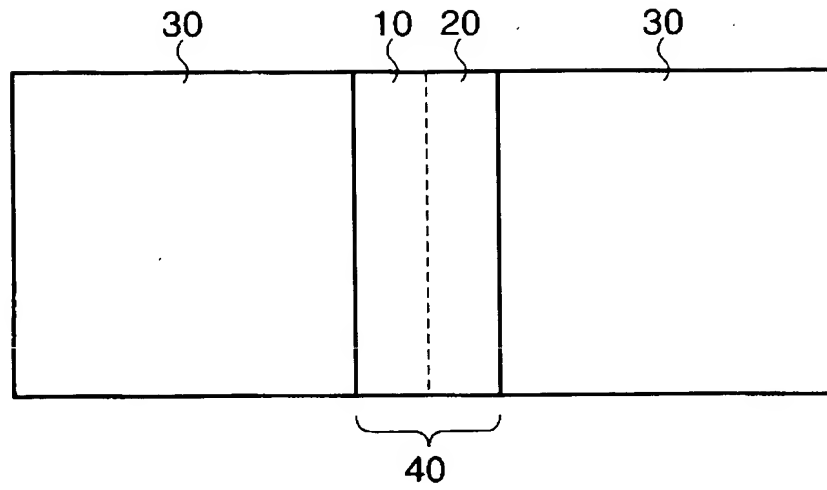
【図 2】



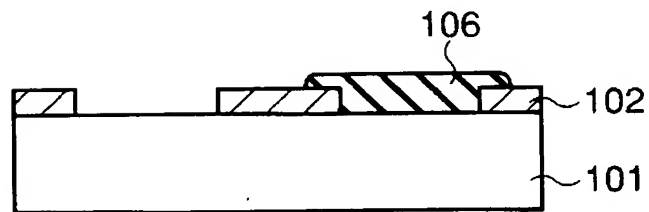
【図 3】



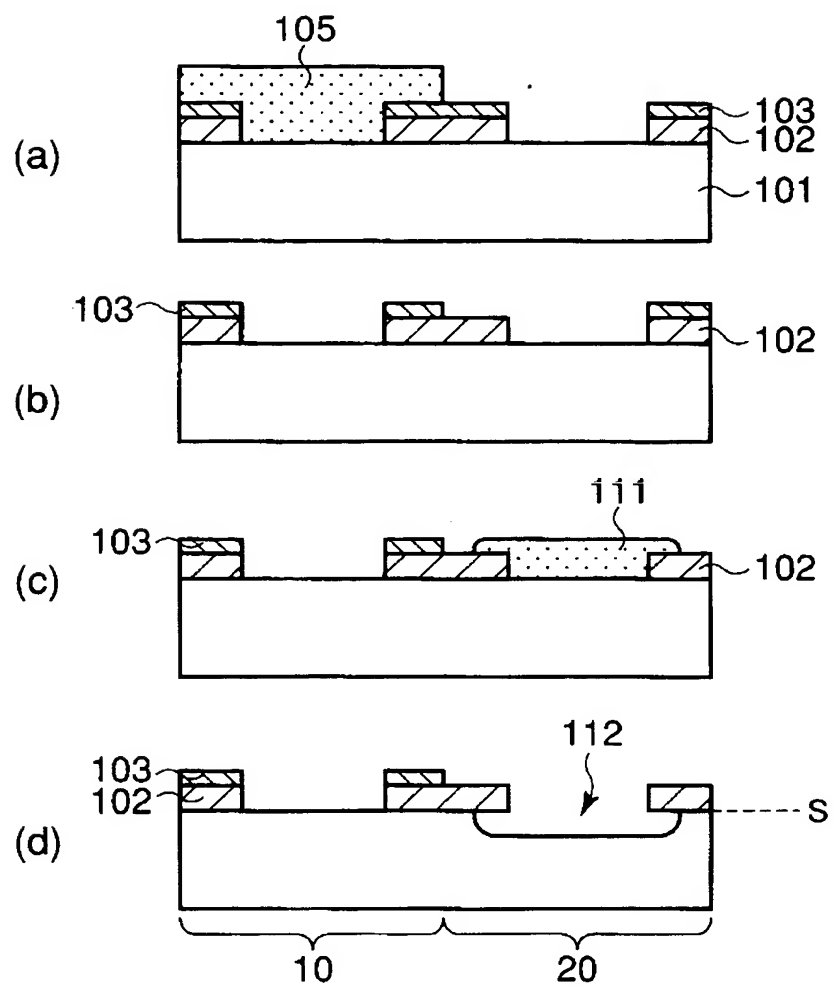
【図 4】



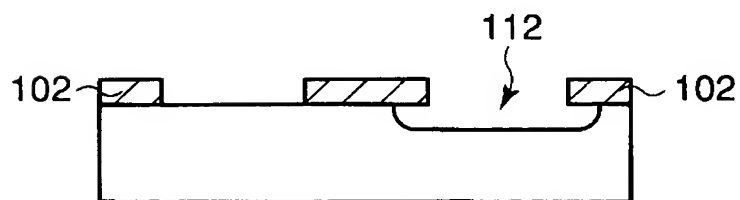
【図 5】



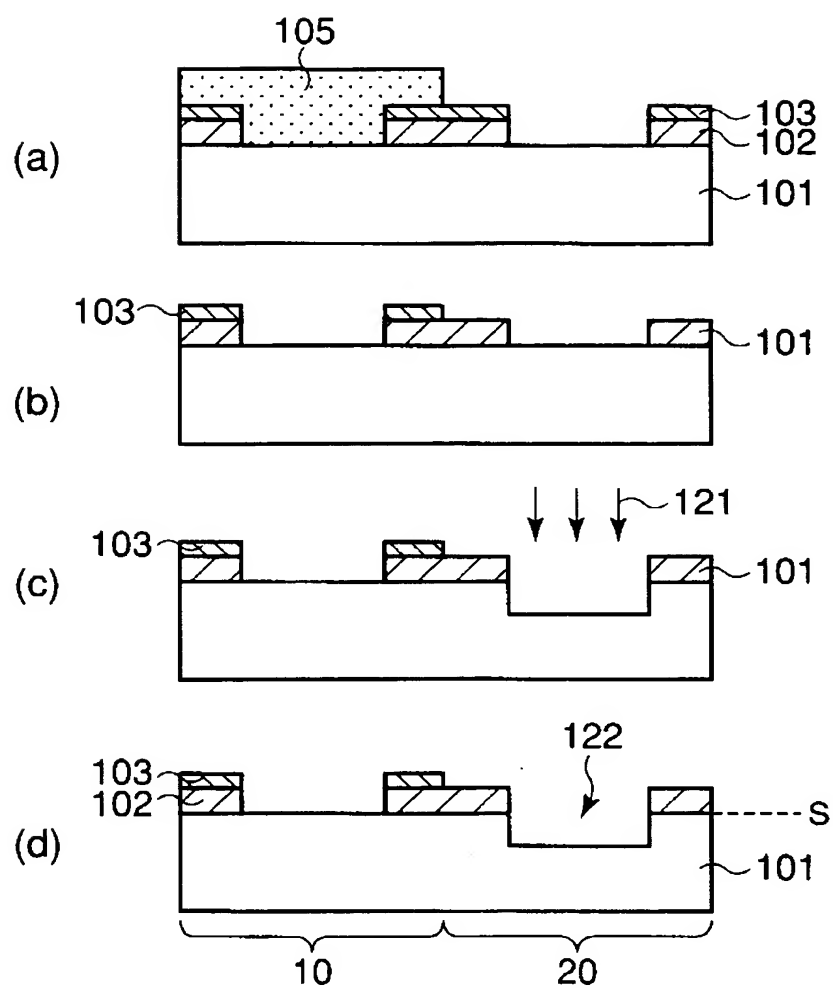
【図 6】



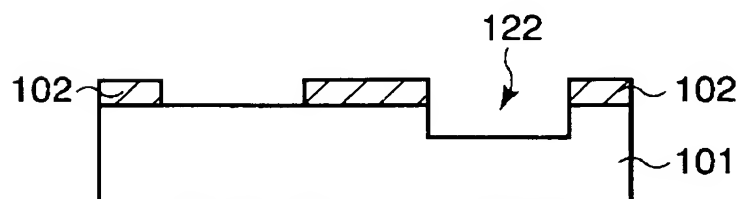
【図 7】



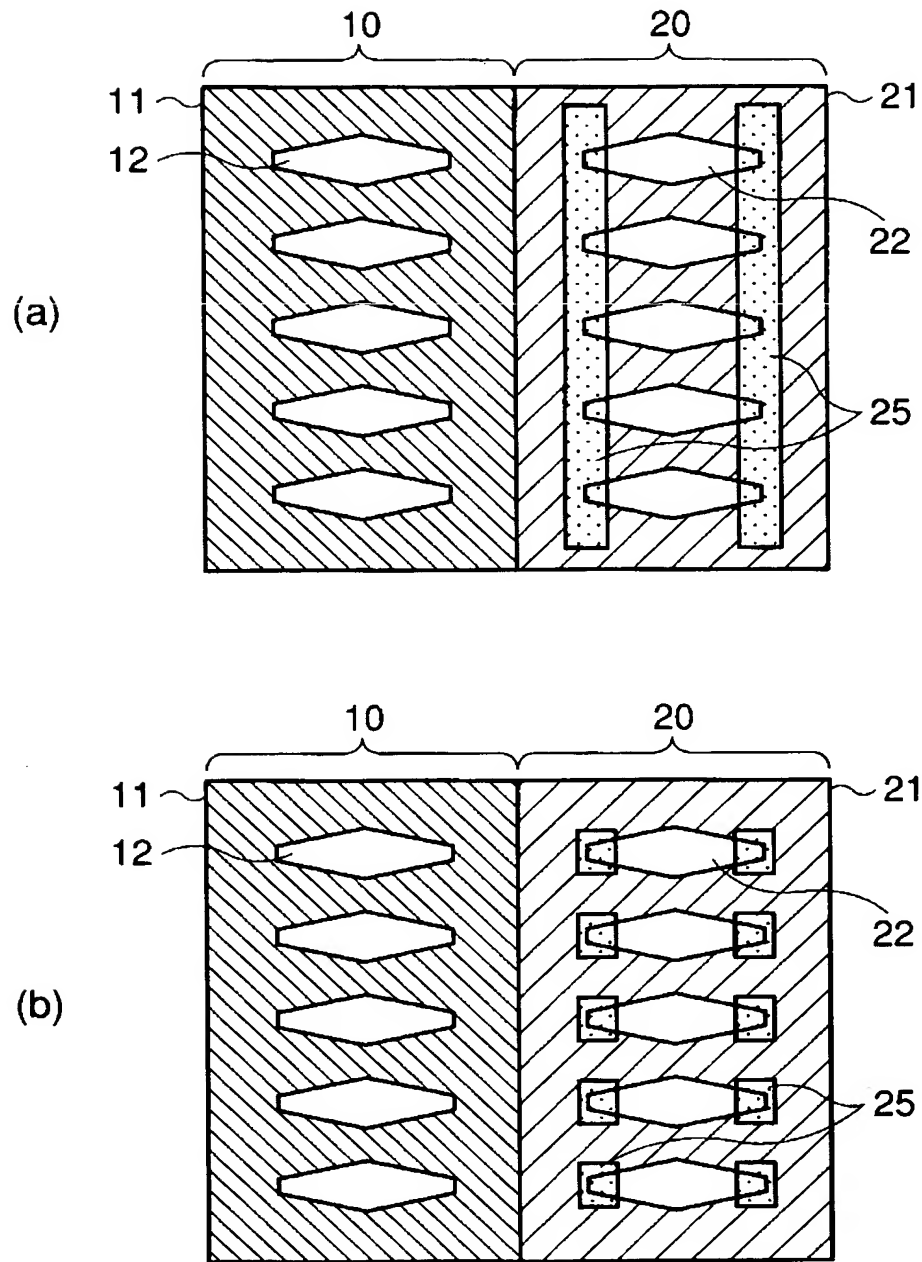
【図 8】



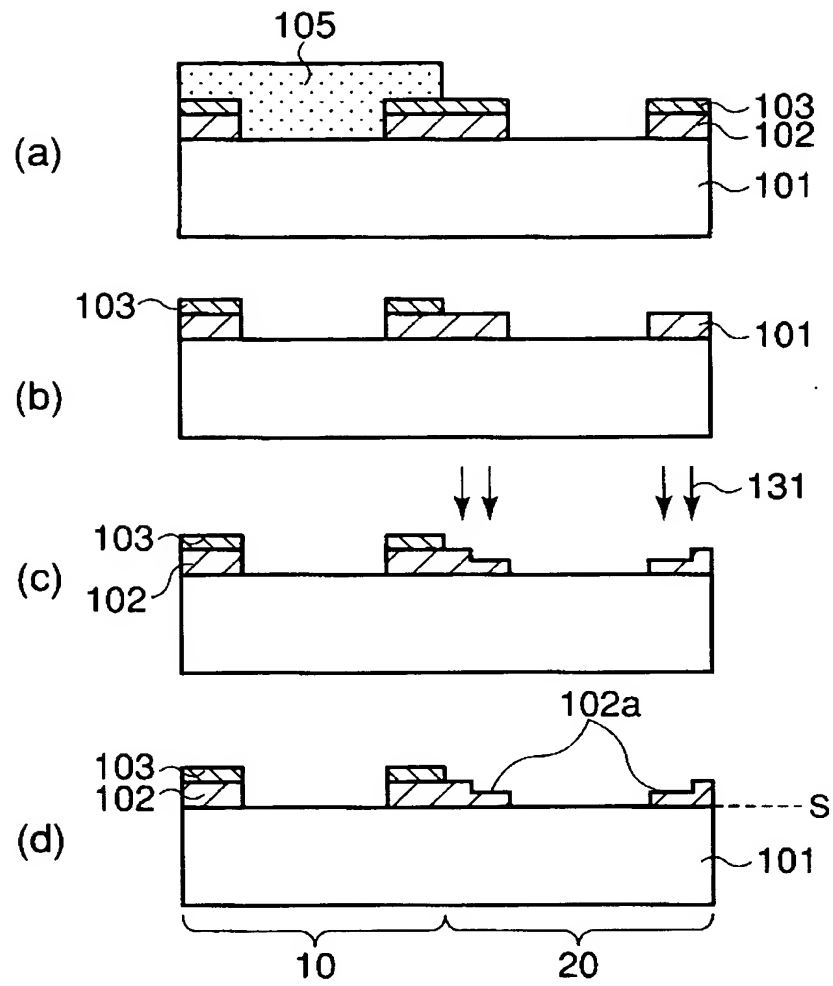
【図 9】



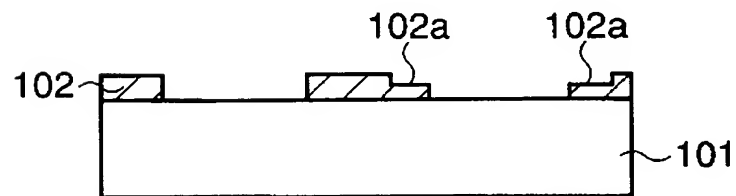
【図10】



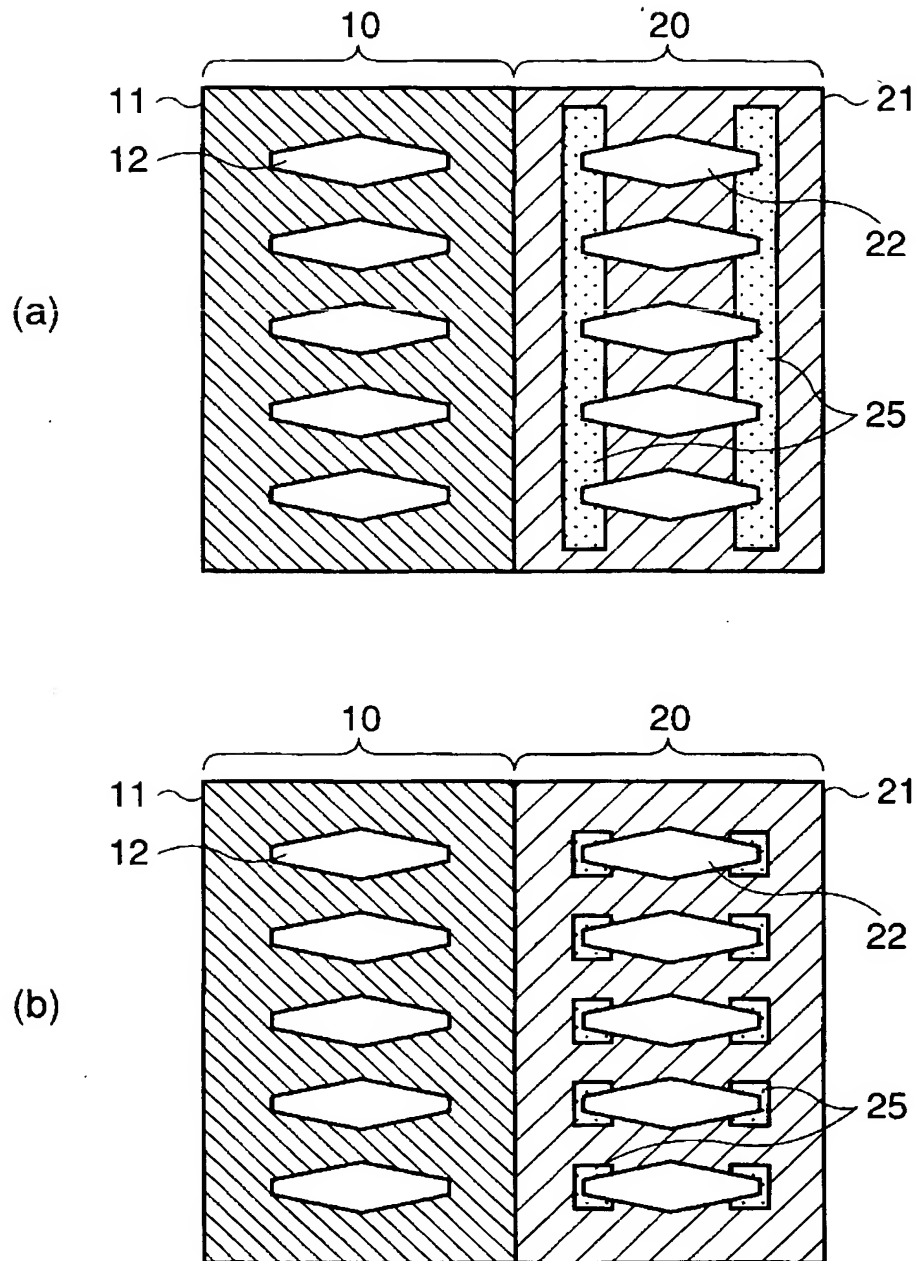
【図 1 1】



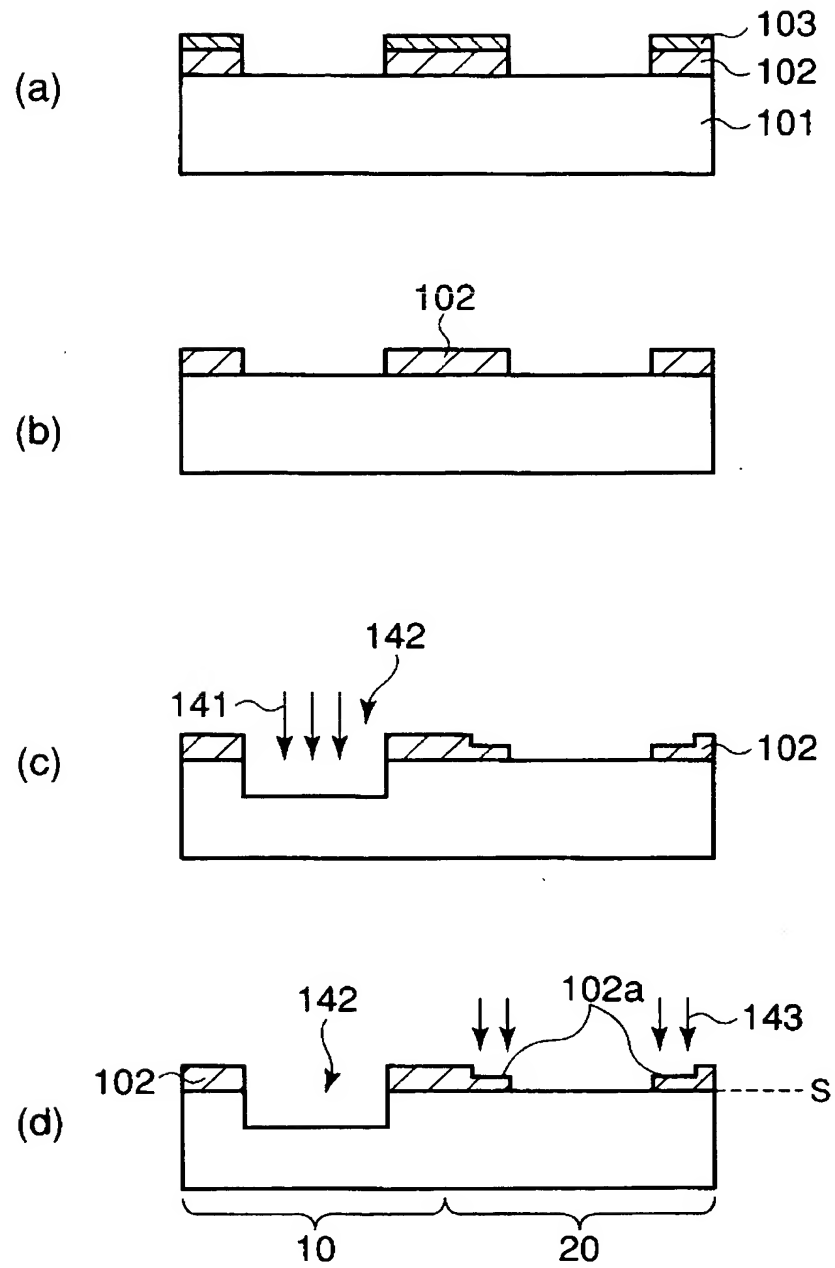
【図 1 2】



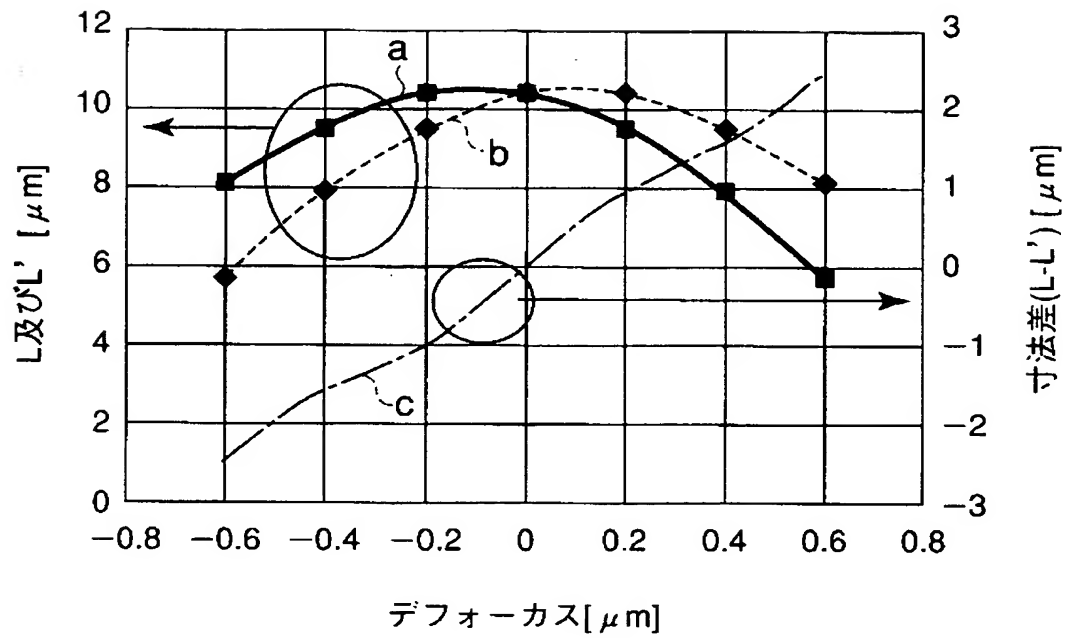
【図 13】



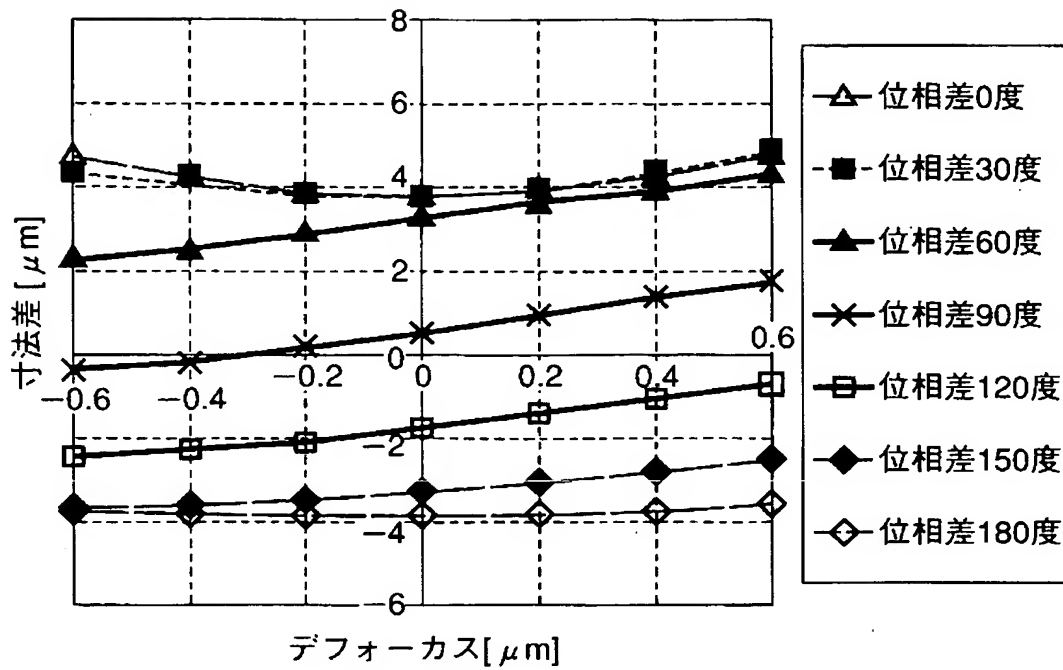
【図 14】



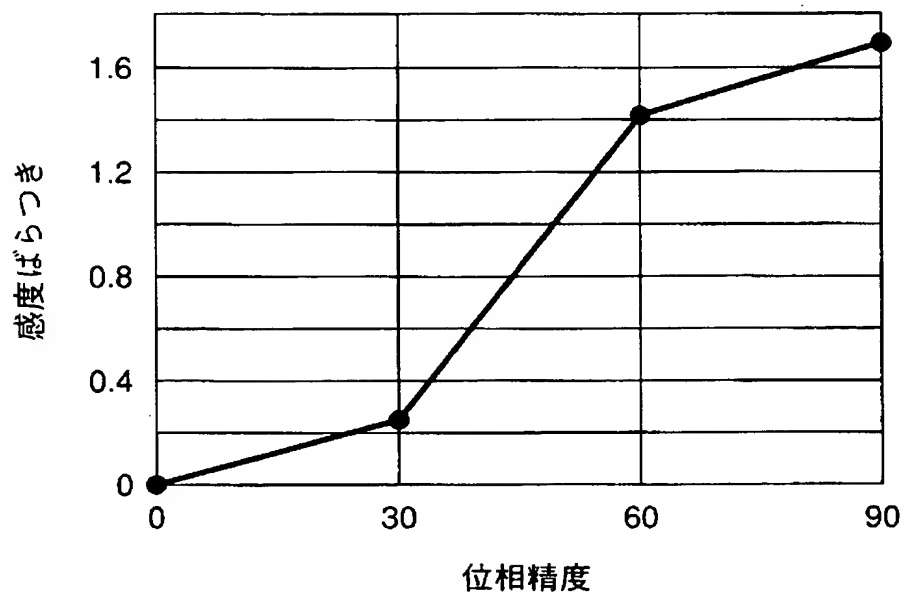
【図 15】



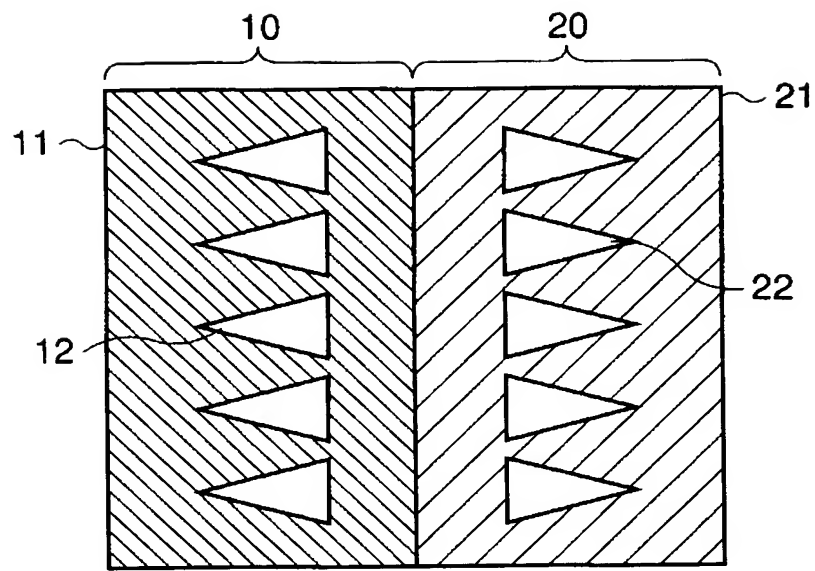
【図 16】



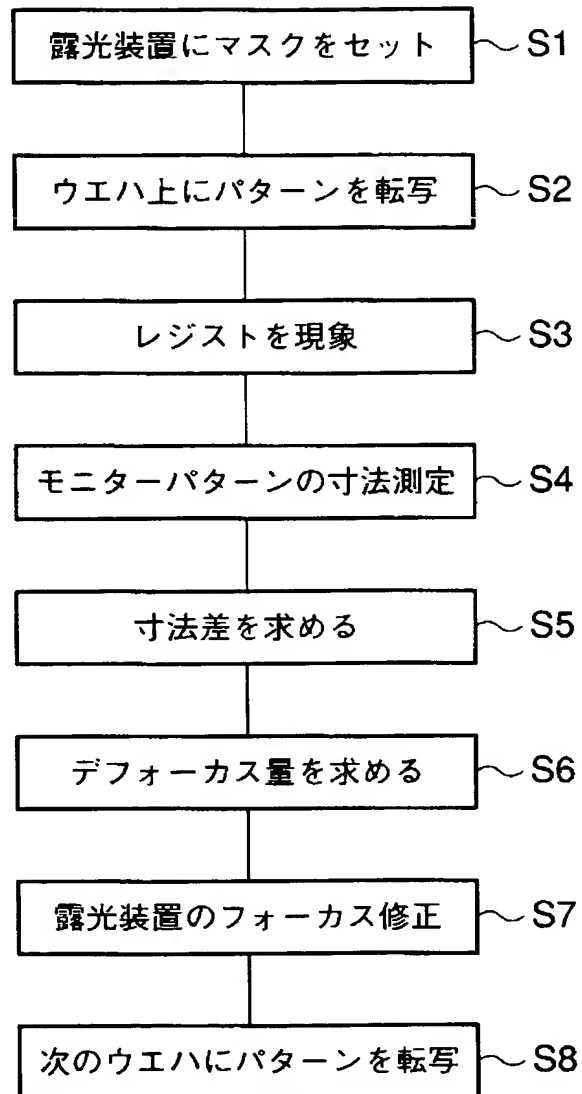
【図 17】



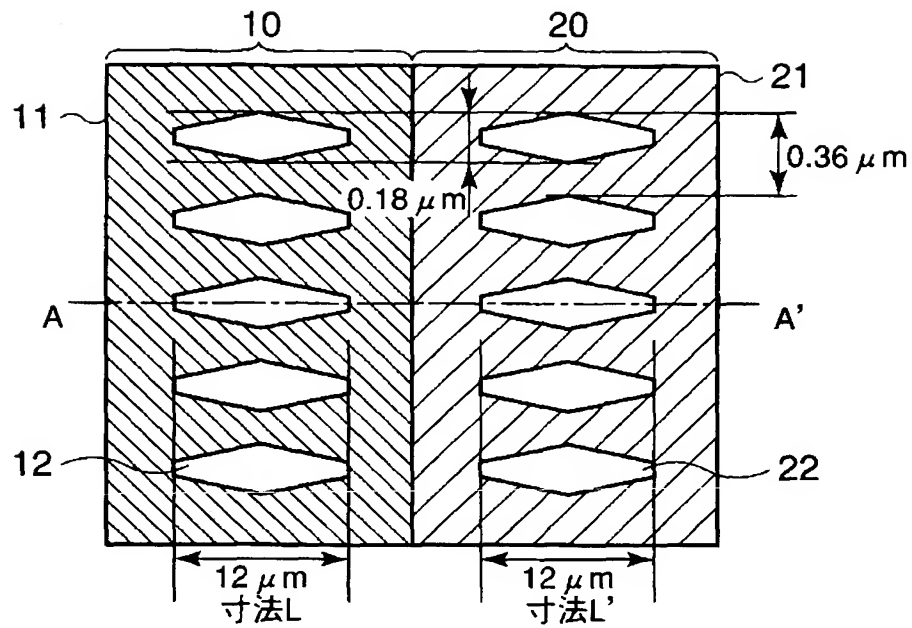
【図18】



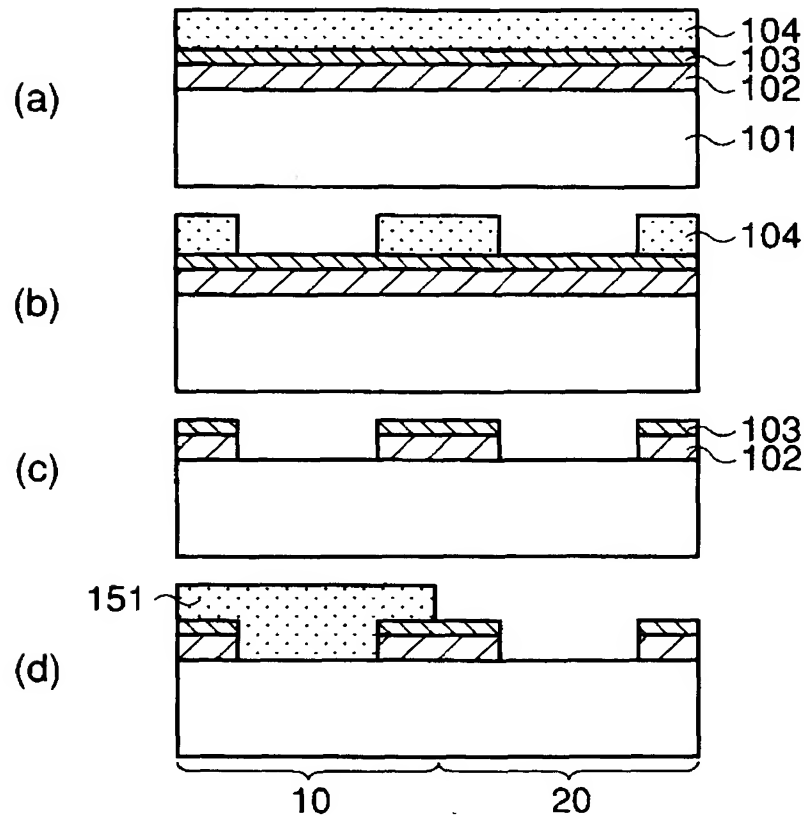
【図19】



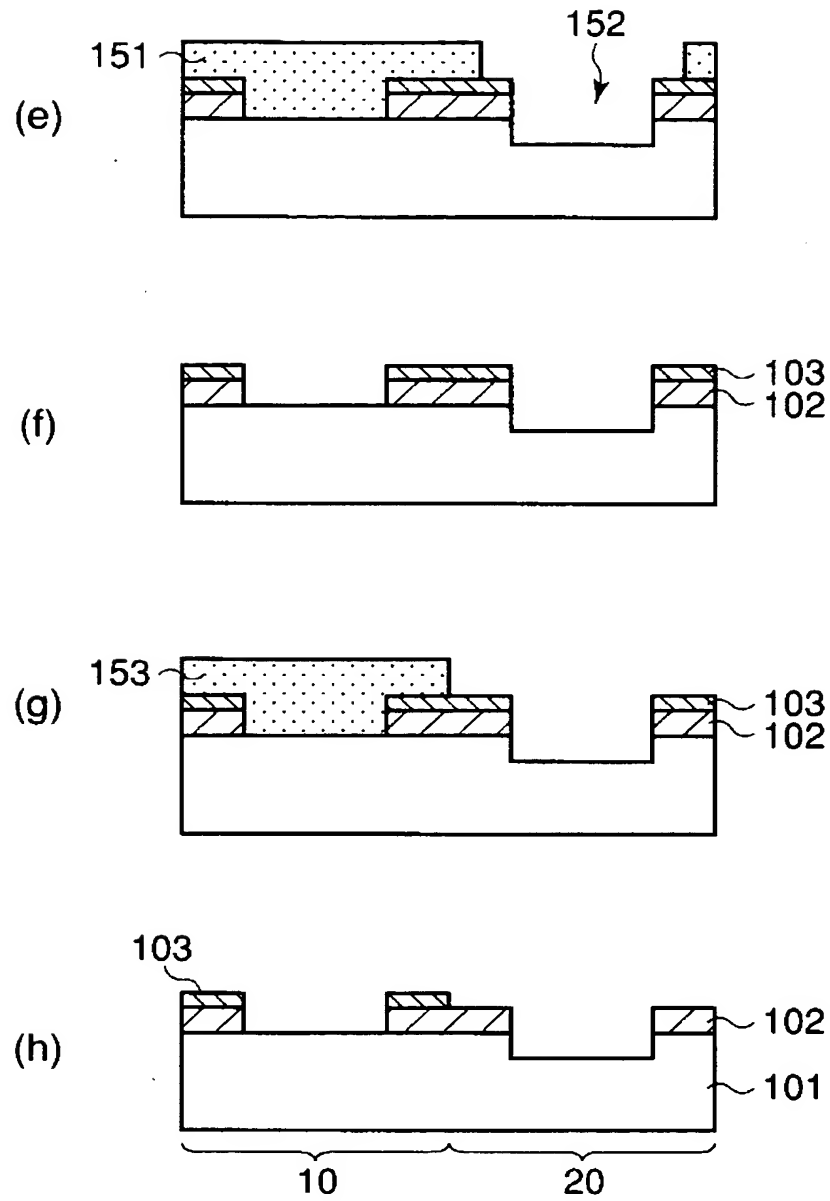
【図 20】



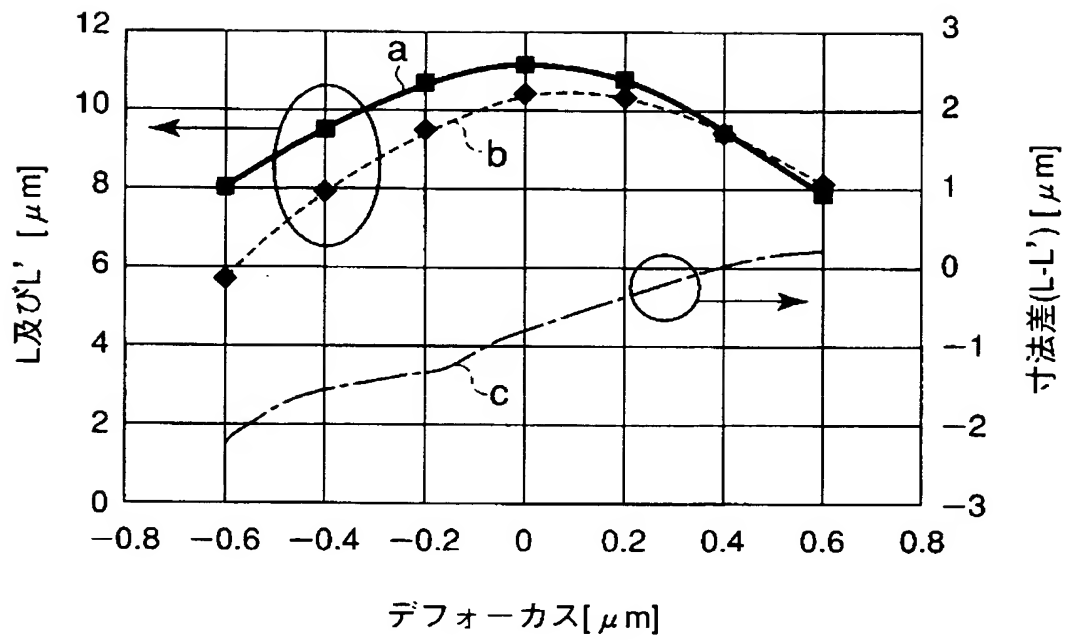
【図 21】



【図 2 2】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 製造工程の増大等を抑制することが可能なマスク及びマスクの製造方法を提供する。

【解決手段】 透光性基板 1 0 1 上にハーフトーン膜 1 0 2 又はハーフトーン膜 1 0 2 と遮光膜 1 0 3 との積層膜が設けられた第 1 の周辺部と、第 1 の周辺部に囲まれた第 1 の開口部とを含む第 1 の領域 1 0 と、透光性基板上にハーフトーン膜が設けられた第 2 の周辺部と、第 2 の周辺部に囲まれた第 2 の開口部とを含む第 2 の領域 2 0 とを備え、第 2 の開口部の少なくとも一部に透光性膜 1 0 6 が形成され、第 2 の開口部の透光性膜が形成された部分に対応する領域を透過する露光光と第 2 の周辺部を透過する露光光との間に所定の位相差が生じるよう構成されている。

【選択図】 図 2

特願 2002-279742

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日 2001年 7月 2日
 [変更理由] 住所変更
 住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 氏 名 株式会社東芝

2. 変更年月日 2003年 5月 9日
 [変更理由] 名称変更
 住所変更
 住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 氏 名 株式会社東芝